

G.L.İ. TUNÇBİLEK 6 NOLU YERALTI OCAĞINDA
TAVAN KÖMÜRÜNÜN
BASINÇLI SU ENJEKSİYONU İLE GEVŞETİLMESİ

Kemal ÖZTÜRK

Anadolu Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Lisansüstü Yönetmeliği Uyarınca
Maden Mühendisliği Ana Bilim Dalı
Maden İşletme Dalında
YÜKSEK LİSANS TEZİ
Olarak Hazırlanmıştır

Danışman : Doç.Dr. Güner ÖNCE

T. C.
ANADOLU ÜNİVERSİTESİ
MERKEZ KÜTÜPHANESİ

Ağustos-1988

Kemal ÖZTÜRK'ün YÜKSEK LİSANS tezi olarak hazırladığı " G.L.İ. Tunçbilek 6 Nolu Yeraltı Ocağında Tavan Kömürünün Basınçlı Su Enjeksiyonu İle Gevşetilmesi" başlıklı bu çalışma jürimizce lisansüstü yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

20./09./1988

Başkan : Doç. Dr. Güner ÖNCE

Üye : Yrd. Doç. Dr. Anan KONUK

Üye : Yrd. Doç. Dr. Saim SARAÇ

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunun 20.9.1988. gün ve .187.18.. sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Enstitü Müdürü

Prof. Dr. Rüstem KAYA

ÖZET

Göçertmeli yöntemle çalışan kalın kömür damarlarında, tavan kömürüyle tavan taşının aynı anda göçmesi durumunda, ayak arkasında göçmüş kömürün tamamının kazanılması mümkün olmamaktadır. Bu, tavan taşının tavan kömürüyle benzer jeomekanik özelliklere sahip olması durumunda olur. Bunun sonucu olarak da tavan taşı ile tavan kömürü göçük alanı içinde karışmış olarak bulunur. Bundan dolayı, kömürün üretilebilirliği azaldığı gibi, ayak arkasından elde edilen üretimde de kömür ve taş birlikte bulunur.

Tavan kömürünün tavan taşından önce göçmesi, yöntemin verimini artırır. Bu çalışmada, G.L.İ. Tunçbilek 6 Nolu yeraltı ocağında tavan kömürünün göçertilebilirliğinin, panolarda taban yollarından açılan deliklerden basınçlı su enjeksiyonu yoluyla artırılması amaçlanmıştır.

Anahtar Kelimeler : Göçertilebilirliğin Artırılması, Basınçlı Su Enjeksiyonu.

SUMMARY

Recovery of all the caved coal behind the longwalls usually cannot be possible at thick coal seams worked in caving methods, if the roof coal caves in simultaneously with the roof rock. This occurs when the roof rock has similar geomechanical properties with the roof coal. This results in the mixture of the roof rock with roof coal within the caved area. Therefore the coal productivity decreases as the production from behind the longwall includes both of the coal and rock.

The breakage of the roof coal before the roof rock can increase the efficiency of the method. In this paper, increasing the cavability of the roof coal at GLI Tunçbilek Underground Mine Number 6 by injection of high pressure water through the drill holes in longwall panels is described.

Keywords : Maximization of cavability, High pressure water injection

TEŞEKKÜR

Bu tezin yürütülmesinde danışmanlığımı yaparak görüş ve önerileriyle bana yol gösteren değerli hocam Doç. Dr. Güner ÖNCE'ye, Anadolu Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Maden Bölümü öğretim üyelerine, numunelerin yeraltından alınması, taşınması ve çimentolanmasında büyük yardımlarını gördüğüm G.L.İ. Tunçbilek Bölge Müdürlüğü personeline, Model Basınç Kabı'nın imalinde yardımlarını gördüğüm D.S.İ. III. 14. Sondaj Şube Müdürlüğü elemanlarına, karot numunelerinin alınmasında ve deneylerin yapılmasında yardımcı olan Maden Mühendisi Bahattin KAYA'ya, beni bütün öğrenim hayatım boyunca maddi ve manevi fedakarlıklarla destekleyen aileme teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	iv
SUMMARY	v
TEŞEKKÜR	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	xiv
ÇİZELGELER DİZİNİ	xvii
1. GİRİŞ	1
2. BÖLGENİN TANITILMASI	4
2.1. Coğrafi Konum	4
2.2. Müessesenin Tarihçesi	5
2.3. Bölgenin Jeolojisi	6
2.3.1. Stratigrafi jeoloji	6
2.3.2. Temel	6
2.3.3. Neojen.....	6
2.3.4. Kuvarterner	8
2.3.5. Bölgenin tektonik yapısı	9
2.4. Rezerv	9
2.5. Kömür Damarının Genel Yapısal Özellikleri ve Niteliği	11
3. YERALTI İŞLETME SİSTEMİNİN ETÜDÜ	16
3.1. Uygulanan İşletme Yöntemi	16
3.2. Taban Ayak Uygulamasında Tahkimat Düzeni ...	16
3.3. Ayaklarda Çalışma Düzeni	18
3.3.1. Ayna çalışması	18
3.3.2. Söküm çalışması	18
3.3.3. Arka kömürünün göçertilmesi	18
3.3.4. Konveyör çekimi ve lağımlama	20
3.4. Arka Kömürünün Göçertilmesi	20
3.5. Nakliyat	21
3.6. Hazırlık	22
3.7. Havalandırma Sistemi ve Yangın Olasılıkları..	24

İÇİNDEKİLER (Devam ediyor)

Sayfa

3.8. Su Atımı	26
4. BASINÇLI SU İLE GEVŞETME TEKNOLOJİSİNDE KÖMÜR DAYANIMININ ETKİSİ	27
4.1. Kömür Sertliğinin Sınıflandırılması	27
4.2. Zayıflık Düzlemlerinden Dolayı Kömür Dayanımının Azalması	29
4.3. Kömür Damrlarının İç Yapıları.....	30
4.3.1. Gözeneklilik (Porozite)	31
4.4. Bazıncılı Su İle Gevşetme ve Çatlatmanın Mekanığı	32
5. LABORATUAR DENEYLERİ	33
5.1. Deney Numunelerinin Yeraltından Alınması ve Hazırlanması	33
5.1.1. Deney numunelerinin yeraltından alınması ve korunması	33
5.1.2. Karot numunelerin alınması	34
5.1.3. Karot numunelerin deney için hazırlanması	35
5.2. Deneylerin Yapılması	35
5.2.1. Taban taşından alınan karot numunelerle yapılan deneyler.	35
5.2.2. Tavan taşından alınan karot numunelerle yapılan deneyler	37
5.2.3. Kömürden alınan karot numunelerle yapılan deneyler	37
5.2.3.1. Tavan kömüründen alınan karot numunelerle yapılan tek eksenli basma dayanımı deneyleri	39
5.2.3.2. Tavan kömüründen alınan karot numunelerle yapılan endirekt çekme dayanımı deneyleri	39

İÇİNDEKİLER (Devam ediyor)

Sayfa

5.2.3.3. Tavan kömüründen alınan ko karot numunelerle Basınç Kabında yapılan deneyler ...	40
5.3. Model Basınç Kabında Suyun Karot Numuneye Etkisi	44
6. KÖMÜR VE TAVAN TAŞINDA YAPILAN GÖZLEM VE ÖLÇÜMLER ?.....	47
6.1. Kömür ile İlgili Gözlem ve Ölçümler	47
6.1.1. Tavan kömürünün kaya mekaniği açısından sınıflandırılması	48
6.2. Tavan Taşı ile İlgili Gözlem ve Ölçümler ..	50
6.2.1. Tavan taşının kaya mekaniği açısından sınıflandırılması	51
6.3. Ayaklarda Taş Karışma Oranı ve Kömür Kayıplarına Yönelik Gözlemler	52
7. KÖMÜRE TAŞ KARIŞMA ORANININ ETÜDÜ	56
7.1. 1985 Yılı Kasım Ayı Üretim Miktarlarına Göre Taş Karışma Oranının Etüdü	56
7.2. 1985 Yılı Kasım ve Aralık Ayı Yüzdürme Eğrilerinden Taş Karışma Oranının Belirlenmesi	61
7.3. Tüvenan Üretiminden Aylık Olarak Alınan Numunelerden Yıllık Taş Karışma Oranının Hesaplanması	63
7.3.1. Tüvenan üretiminin herhangi bir ayından alınan numunelerden yıllık taş karışma oranının hesaplanması	63
7.3.2. 1985 Yılı yüzdürme eğrileri yardımıyla taş karışma oranının belirlenmesi	65
7.4. 1987 Yılı Kömür Yüzdürme Eğrileri Yardımıyla Taş Karışma Oranının Belirlenmesi	66

İÇİNDEKİLER (Devam ediyor)

	<u>Sayfa</u>
8. DENEY SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ	69
8.1. Tek Eksenli Basınç Dayanımı Değerlerinin Bulunması	69
8.1.1. Tavan kömürünün tek eksenli basınç dayanımının bulunması	69
8.1.2. Tavan kömüründen alınan karot numunelerin 24 saat su içinde bırakıldıktan sonra, tek eksenli basınç dayanımının bulunması	69
8.1.3. Tavan taşının tek eksenli basınç dayanımının bulunması	72
8.1.4. Taban taşının tek eksenli basınç dayanımının bulunması	74
8.2. Endirekt Çekme Dayanımlarının Bulunması	76
8.2.1. Tavan kömürünün endirekt çekme dayanımının bulunması	76
8.2.2. Tavan taşının endirekt çekme dayanımının bulunması	76
8.3. Basınç Kabında Yapılan Deney Sonuçlarının Değerlendirilmesi	79
8.3.1. Kömür numuneleri üzerinde yapılan üç 'eksenli basınç deneyleri	79
8.3.2. Kömür numuneleri üzerinde Basınç Kabında 30 kg/cm ² yanal su basıncında yapılan deney sonuçlarının değerlendirilmesi	87
8.3.3. Basınç Kabında kömür numuneleri üzerine 100 kg/cm ² su basıncı uygulandıktan sonra, 30 kg/cm ² yanal su basıncı altında üç eksenli basınç dayanımının bulunması	89

İÇİNDEKİLER (Devam ediyor)

Sayfa

8.3.4. Basınç Kabında kömür numuneleri üzerine 200 kg/cm ² su basıncı uygulandıktan sonra, 30 kg/cm ² yanal su basıncı altında üç eksenli basınç dayanımının bulunması	91
8.3.5. Basınç Kabında kömür numuneleri üzerine 200 kg/cm ² su basıncı uygulandıktan sonra, tek eksenli basınç dayanımının bulunması	93
9. YAPILAN TEORİK HESAPLAMALAR	96
9.1. Yalancı Tavan Kalınlığının Belirlenmesi	96
9.2. Ayaklarda Tavan Basıncı	99
9.3. Ayaklarda Tavanın Kırılma Mesafelerinin Bulunması	106
10. G.L.İ. TUNÇBİLEK BÖLGESİ İDAME YERALTI OCAĞINDA, BASINÇLI SU ENJEKSİYONU İLE KÖMÜR GEVŞETME YÖNTEMİNİN TASARIMI	115
10.1. Basınçlı Su ile Gevşetme	115
10.2. Delinecek Delik Yerleri ve Düzenleri	117
10.2.1. Delik çaplarının belirlenmesi	119
10.2.2. Deliklerin galeri (taban yolu) eksenleriyle yaptıkları açının belirlenmesi	120
10.2.3. Delik boylarının belirlenmesi	120
10.2.4. Deliklerin yatayla yaptıkları açının belirlenmesi	121
10.2.5. Delikler arası mesafenin belirlenmesi	122
10.2.6. Deliklerin delinmesi	122
10.3. Suyun Deliklere Enjekte Edilmesi	126
10.3.1. Deliklere enjekte edilecek su basıncı ve bu basıncın sağlanması .	126

İÇİNDEKİLER (Devam ediyor)

	<u>Sayfa</u>
10.3.2. Deliklere enjekte edilecek su miktarı ve bu suyun temini	127
10.3.3. Basıncılı suyun deliklere enjekte edilmesi	128
10.4. Enjekte Edilen Suyun Ocak İçinde Toplanma Şekli	136
10.5. Enjeksiyon Suyunun Yaratabileceği Olumsuz Etkiler	137
10.5.1. Enjekte edilen suyun ocak havası üzerindeki etkisi	137
10.5.2. Enjekte edilen suyun kömürün oksidasyonu üzerindeki etkisi	137
10.5.3. Enjekte edilen suyun tahkimat elemanları ve makina teçhizatı üzerindeki etkisi	138
10.6. Enjekte Edilen Suyun Tavan Taşı Üzerindeki Etkisi	139
10.7. Enjekte Edilen Suyun Taban Taşı Üzerindeki Etkisi	141
10.8. Uygulamanın Normal İş Düzenini Aksatma Riski	144
11. YÖNTEMİN UYGULANMASIYLA AYAK CİVARINDA OLUŞACAK TABAKA HAREKETLERİ	146
12. SONUÇLAR	156
KAYNAKLAR DİZİNİ	161
EKLER	
1. Kömür Numunelerinin Sandıklarda Betonlanarak Saklanması	
2. Karot Numunelerin Alınması	
3. Çimento Kaplı Numunelerin Karotlar Alındıktan Sonraki Durumları	
4. Alınan Karot Numuneler	
5. Basınc Kabında Deneylerin Yapılması	
6. Basınc Kabında Yapılan Deneylerden Sonra, Kömür Numunele-	

İÇİNDEKİLER (Devam ediyor)

rinin Durumu

7. Tavan Taşından Alınan Karot Numunelerin, Tek Eksenli Basınç Dayanımı Deneyinden Sonraki Durumları
8. Taban Taşından Alınan Karot Numunelerin, Tek Eksenli Basınç Dayanımı Deneylerinden Sonraki Durumları
9. Kömürün Endirekt Çekme Dayanımı Deneyi
10. Tavan Taşının Endirekt Çekme Dayanımı Deneyi

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
2.1. G.L.İ. Üretim bölgeleri	4
2.2. Tunçbilek Bölgesi stratigrafi litolojisi	7
2.3. Tunçbilek Kömür Damarı'nın genel özellikleri ...	12
3.1. Tavan-taban ayak uygulaması	17
3.2. Taban ayak uygulaması	17
3.3. Taban ayaklarda vardiyalara göre çalışma düzeni.	19
3.4. Taban ayak uygulamasında nakliyat ve havalandırma prensip şeması	23
3.5. Tavan-taban ayak uygulamasında nakliyat ve havalandırma prensip şeması	25
5.1. Model Basınç Kabı	42
5.2. Model Basınç Kabı'nda suyun karot numune üzerine etkisi	45
8.1. Kömürden alınan karot numunelerle yapılan Üç Eksenli Basınç Dayanımı Deneyi sonuçlarına göre çizilen Mohr Diyagramı	85
9.1. Tavan Kömürü'nün Kendi kendini taşıma gücü	102
9.2. Tavanın göçmesi esnasında ayak arkasının statik modeli	111
10.1. Delik düzenleri plan ve kesitleri	118
10.2. Çatlak sistemleri ve delik düzenleri	120
10.3. Delik boylarının belirlenmesi	121
10.4. Deliklerin yatayla yaptıkları açının belirlenmesi	122
10.5. Sondaj makinasının galeride (taban yolunda) çalışma düzeni	124
10.6. Muhafaza borusu ve takım dizisinin delik içinde birlikte çalışması	125

ŞEKİLLER DİZİNİ (Devam ediyor)

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
10.7. Tek Taraflı Packer Sistemi ile başarılı bir enjeksiyon işlemi	128
10.8. Tek Taraflı Packer Sistemi ile başarısız bir enjeksiyon işlemi	129
10.9. Çift Taraflı Packer Sistemi'nin çatlaklı bölgelere uygulanması	130
10.10. Çift Taraflı Packer Sistemi ile enjeksiyon işleminde kademe boyları	130
10.11. Tek Taraflı Packer Sistemi	131
10.12. Çift Taraflı Packer Sistemi	131
10.13. Deliklere su verme düzeni	133
10.14. Kömürdeki açık çatlak sistemlerinin, tavan taşında devam etmesi durumunda, tavan taşının sudan etkilenmesi	139
10.15. Kömürdeki açık çatlakların tavan taşında devam etmesi durumunda, tavan taşının basınçlı su enjeksiyonundan etkilenmesi	140
10.16. Kömürdeki açık çatlak sistemlerinin taban taşında devam etmesi durumu	143
10.17. Kömürdeki çatlak sistemlerinin taban taşında devam etmesi durumu	143
11.1. Basınçlı su enjeksiyonundan sonra ayak civarında oluşan tabaka hareketleri	147
11.2. Birinci Bölgede basınçlı su enjeksiyonundan önce klivaj ve çatlakların durumu	148
11.3. Birinci Bölgede, basınçlı su enjeksiyonundan sonra, klivaj ve çatlakların durumu	148
11.4. Birinci ve İkinci Bölgede gelişen olaylar	149
11.5. Üçüncü ve Dördüncü Bölgede gelişen olaylar	151

ŞEKİLLER DİZİNİ (Devam ediyor)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
11.6. Basınçlı su enjeksiyonundan sonra, ayak arkasının durumu	152
11.7. Basınçlı su enjeksiyonundan sonra, ayak civarında oluşan tabaka hareketleri	153
11.8. Uzun Ayak civarındaki basınç dağılımı	154
12.1. Basınçlı suyun kömürün üç eksenli basınç dayanımı üzerindeki etkisi	158
12.2. Basınçlı suyun kömürün tek eksenli basınç dayanımı üzerindeki etkisi	158

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
2.1. Tunçbilek Bölgesi 1987 Yılı rezerv hareket çizelgesi	10
5.1. G.L.İ. Tunçbilek Bölge Müdürlüğü Laboratuvarları'nda taban taşından alınan numunelerle yapılan, tek eksenli basınç dayanımı deneyi sonuçları	36
5.2. G.L.İ. Tunçbilek Bölge Müdürlüğü Laboratuvarları'nda tavan taşından alınan numunelerle yapılan tek eksenli basınç dayanımı deneyi sonuçları	38
6.1. CSIR Kaya Kütle Sınıflandırması'na göre eklemli kaya kütlelerinin jeomekanik sınıflandırması	49
6.2. Tünelde eklem doğrultusu ve eğim yönlenmesinin etkisi	49
7.1. Pilot Klasik Ayak'ta açılan stamp kelebelerinin analiz sonuçları	57
7.2. 1,7 yoğunluğa göre Tunçbilek Kimya L boratuarları tarafından hazırlanan yüzdürme eğrilerinden 1985 Yılı sonuçları	62
7.3. İdame Ocağı (6 No'lu Yeraltı Ocağı) tüvenan üretiminden alınan kömür numunelerinin, 1,7 yoğunluktaki sıvıda yapılan yüzdürme batırma analizleri	64
7.4. 1,7 yoğunluğa göre Tunçbilek Bölgesi Kimya Laboratuvarları'nca hazırlanan yüzdürme eğrilerinden 1987 Yılı aylık yüzen ve batan sonuçları	67
8.1. Tavan kömüründen alınan karot numunelerin, tabakalanma düzlemine dik doğrultudaki tek eksenli basınç deneyi sonuçları	70
8.2. Tavan kömüründen alınan karot numunelerin 24 saat su içinde bekletilmesinden sonra, tek eksenli basınç dayanımı deney sonuçları	71

ÇİZELGELER DİZİNİ (Devam ediyor)

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
8.3. Tavan taşından alınan karot numunelerle yapılan, tek eksenli basınç dayanımı deney sonuçları	73
8.4. Taban taşından alınan karot numunelerle yapılan, tek eksenli basınç dayanımı deney sonuçları	75
8.5. Tavan kömüründen alınan karot numunelerle yapılan, Endirekt Çekme Dayanımı deney sonuçları.	77
8.6. Tavan taşından alınan karot numunelerle yapılan, Endirekt Çekme Dayanımı deney sonuçları	78
8.7. Tavan kömüründen alınan karot numunelerle yapılan, Üç Eksenli Basınç Dayanımı deney sonuçları	82
8.8. Tavan kömüründen alınan karot numunelerle 30 kg/cm ² yanal su basıncı altında bulunan Üç Eksenli Basınç Dayanımı deneyi sonuçları	88
8.9. Tavan kömüründen alınan karot numunelere Basınç Kabında 100 kg/cm ² su basıncı uygulandıktan sonra, 30 kg/cm ² yanal su basıncı altında yapılan Üç Eksenli Basınç Dayanımı deneyi sonuçları	90
8.10. Tavan kömüründen alınan karot numuneler üzerine, Basınç Kabında 200 kg/cm ² su basıncı uygulandıktan sonra, 30 kg/cm ² yanal su basıncı altında bulunan Üç Eksenli Basınç Dayanımı deneyi sonuçları	92
8.11. Tavan kömüründen alınan karot numunelere, Basınç Kabında 200 kg/cm ² su basıncı uygulandıktan sonra, Tek Eksenli Basınç Dayanımı deneyi sonuçları	95
9.1. Çalışma sistemine göre tavanın gecikme faktörü ..	101
9.2. Tavanın kendi kendini taşıma faktörü	103

1. GİRİŞ

Genel olarak kalın kömür damarlarının üretimi, klasik yöntemler olarak tanımlayabileceğimiz Dolgulu Dilimli Ayak, Göçertmeli Tavan-Taban Ayak, Blok Göçertmeli Taban Ayak yöntemleriyle yapılmaktadır.

Bu yöntemlerden, Dolgulu Dilimli Ayak ve Göçertmeli Tavan-Taban Ayak Yöntemlerinde ilk yatırım maliyetleri ve işletme giderleri yüksek olmaktadır. Blok Göçertmeli Taban Ayak Yönteminde ise, tavan kömürünün jeolojik şartlara da bağlı olarak, gerek ayak arkasında askıda kalıp hemen göçmemesi ve gerekse tavan taşı (yalancı tavan) ile birlikte göçmesi sonucu, ayak arkasında kömür kayıpları büyük değerlere ulaşmakta ve ayak arkasından üretilen kömüre de büyük oranda tavan taşı karışmaktadır.

Bu sakıncaları ortadan kaldırmak, tavan kömürünün mekanik dayanımını düşürmek ve ayak arkasında kırılabilirliğini artırmakla mümkündür. Bir çok uygulamada bu durum, tavan kömürünü lağımlayarak sağlanmaktadır. Lağımlamanın ayak ilerleme hızını yavaşlatması, ayak tahkimatını bozması ve tavan kontrolünü zorlaştırması, genellikle bölgesel olarak, tavan kömürünün tavan taşı ile birlikte göçmesi ve ayak arkasından kömür üretimini engellemesi, kömürün topuk yaparak askıda kalması ve göçmemesi, toz sorunu, kömürün çok fazla ufalanması ve ocak havasının kirlenmesi gibi çeşitli sakıncaları olmaktadır.

Tavan kömürünün basınçlı su enjeksiyonu ile gevşetilmesi, yukarıda belirtilen sakıncaları ortadan kaldırmak için en uygun çözüm olarak gözükmektedir.

Yüksek basınç altında ($100-350 \text{ kg/cm}^2$) kömürün bünyesine enjekte edilen suyun, kömürün mekanik dayanımı üzerindeki etkisi oldukça fazla olmaktadır. Kömürün basınçlı su ile gevşetilmesi işlemi iki yolla yapılmaktadır.

1. Kısa vadeli kömüre su verme

2. Uzun vadeli kömüre su verme

Basınçlı su ile gevşetmenin faydalarını şöyle sıralayabiliriz.

1. Kömürü gevşetir ve mekanik dayanımını düşürür.

2. Kazı sırasında meydana gelen kömür tozu parçacıklarını bağlayarak, oluşan tozun en az düzeye inmesini sağlar.

3. Patlayıcı madde ile gevşetmeye göre, ocak gazları ve ayak içi emniyeti bakımından daha emniyetlidir.

4. İnsan gücünden tasarruf sağlar. Uzun vadede patlayıcı madde ile gevşetmeye nazaran daha ekonomiktir.

Bu çalışmada, Geri Dönümlü Taban Ayak Blok Göçertme Yöntemi ile çalışan "GLİ Tunçbilek Bölgesi 6 No'lu (İdame) Yeraltı Ocağı"ndaki üretim kayıpları ve ayak arkasından üretilen kömüre karışan tavan taşı miktarının azaltılması amaçlanmıştır. Bu amaçla, mevcut çalışma sistemini aksatmadan ve bu çalışma sistemine ek olarak, taban yollarından delinen delikler içerisinden basınçlı su enjekte edilerek, kömürün gevşetilmesi ve tahkimatın üzerinde kalan kömürün, ayak arkasından daha kolay göçertilebilirliği araştırılmıştır.

Bu amaçla, kömür ve tavan taşındaki süreksizlikler incelenerek, jeomekanik açıdan sınıflandırması yapılmıştır. Kömür, tavan taşı ve taban taşının, yeraltı şartlarında karşılaşabilecekleri gerilmeler dikkate alınarak, basınç ve çekme dayanımları bulunmuştur.

Basınçlı suyun, kömürün mekanik dayanımı üzerindeki etkisini belirleyebilmek amacıyla bir model basınç kabı imal edilmiştir. Basınç kabında değişik yanal basınçlarda kömürün üç eksenli basınç dayanımları bulunmuştur. Bu basınç kabı ile yapılan deneylerde, yeraltındaki şartlara eşdeğer yanal ve düşey basınçlar altında kömürün davranışının ne olacağı araştırılmıştır.

Bu bilgilerin ışığında, Basınçlı Su Enjeksiyonu Siste-

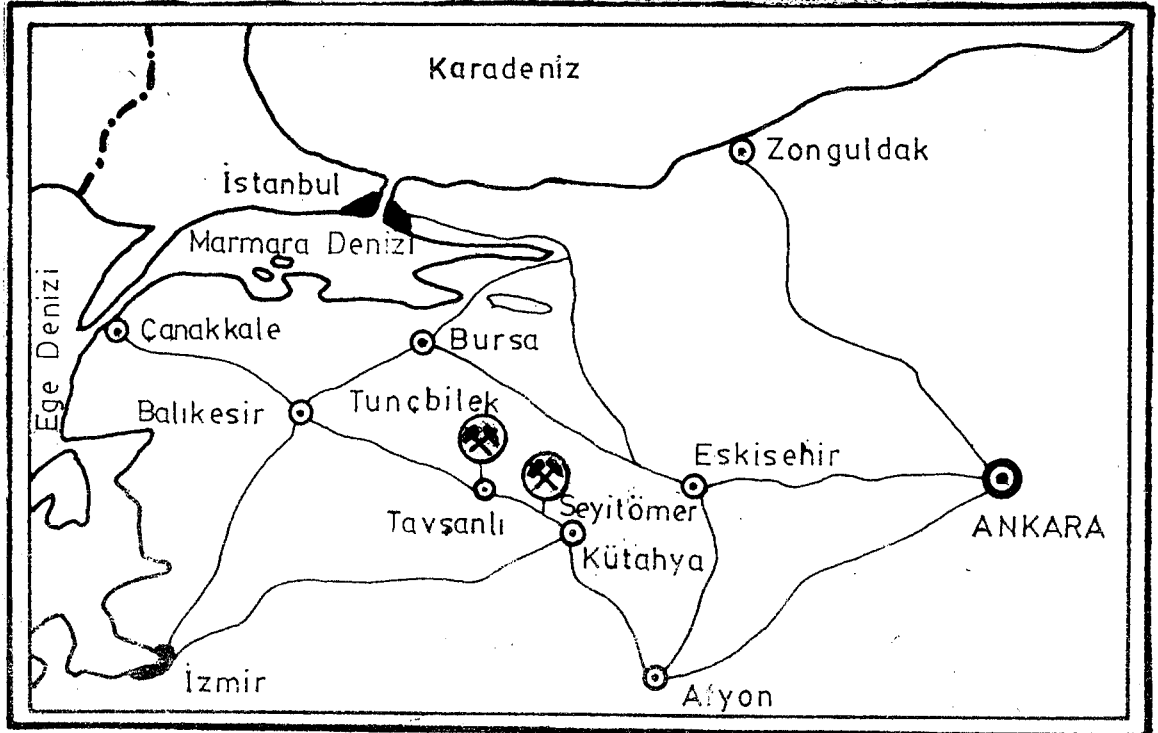
minin "G.L.İ Tünçbilek Bölgesi 6 Nolu Yeraltı Ocağı" ında
45-A Panoda pilot çapta bir tasarımı yoluna gidilmiştir.

2. BÖLGENİN TANITILMASI

2.1 Coğrafi Konum

Tunçbilek Kömür Havzası, Kütahya ili Tavşanlı ilçesinin 10 km. kuzeybatısında, Tavşanlı-Domaniç devlet yolu üzerinde bulunmaktadır. 12 km.'lik bir demiryolu ile Tavşanlı'ya, asfalt ve stabilize yollarla da civar il ve ilçelere bağlıdır.

Havzanın kotu 650-1050 m. arasında değişmektedir. İklim karasaldır. Yazları sıcak ve kurak, kışları bol karlı ve soğuktur. Sonbahar ve ilkbahar yağışlı geçer. Yıllık ısı farkı -14 C° ile $+30\text{ C}^{\circ}$ arasında değişmektedir. Bölgenin başlıca akarsuyu olan Andranos çayı havzadaki derelerle beslenerek kuzeye akar.



Şekil 2.1. : G.L.İ üretim bölgeleri

2.2 Müessesenin Tarihçesi

Garp linyitleri İşletmesi Müessesesi'ne (G.L.İ.) bağlı halen iki üretim bölgesi vardır. Bu iki üretim bölgesi Kütahya ili sınırları içerisinde, Tunçbilek ve Seyitömer üretim bölgeleridir.

Kütahya ili sınırları içerisinde ve Kütahya-Balıkesir demiryolu üzerinde Değirmisaz çevresindeki linyit sahaları 16 Şubat 1939 tarihinde Etibank tarafından işletilmeye başlanılmıştır. İlk defa Etibank Değirmisaz İşletmesi kurulmuştur.

Tavşanlı ilçesinin 14 km. kuzeyinde bulunan Tunçbilek Kömür Sahaları 18 Mayıs 1939 tarihinde bu işletmeye dahil edilmiştir.

Bu arada Manisa iline bağlı Soma ilçesinin yaklaşık 10 km. güneyindeki Yunus Nadi Şirketi tarafından işletilmek üzere olan linyit sahalarında etüd edilmiş ve 23 Eylül 1939 tarihinde imtiyazı satın alınmak suretiyle işletme bünyesine dahil edilmiştir.

Birbirinden uzak bölgelerdeki bu üç işletme birleştirilerek 1 Ocak 1940 tarihinde "Etibank Mahdut Mes'uliyetli Garp Linyitleri İşletmesi Müessesesi" kurulmuştur. Başlangıçta merkezi Balıkesirde bulunan müessese, İkinci Dünya Savaşı sırasında Tavşanlıya nakledilerek buradan idare edilmeye başlanılmıştır.

Etibank'a bağlı olarak uzun yıllar faaliyet gösteren Garp Linyitleri İşletmesi Müessesesi 31 Ağustos 1957 tarihinden itibaren 22 Mayıs 1957 tarihli 6974 sayılı kanun ile teşekkül eden "Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu"na (T.K.İ.) devredilmiştir.

Yukarıda adı geçen üç işletmeye ilave olarak, Kütahya ili sınırları içerisinde bulunan Seyitömer Linyit Havzası da 1 Haziran 1960 tarihinde müessesenin ayrı bir bölgesi olarak işletmeye açılmış ve 22 Ağustos 1960 tarihinden itibaren bu bölgede de linyit istihsaline başlanılmıştır.

Değirmisaz Bölgesi biten rezerv dolayısıyla 1966 yılında faaliyetini durdurmuştur. Soma bölgesi de daha sonraları muessese bünyesinden ayrılmış ve 1978 yılında kurulan "Ege Linyitleri İşletmesi"ne (E.L.İ.) devredilmiştir.

Tunçbilekte 2 ünite 150 MW., 1 ünite 65 MW., 2 ünite 32 MW. olmak üzere toplam 429 MW.'lık, Seyitömer'de de 3 X 450 MW. gücünde termik santraller halen faaliyet halindedir.

2.3 Bölgenin Jeolojisi

2.3.1. Stratigrafik jeoloji

Tunçbilek Kömür Havzasındaki sedimanları, karasal Neojen ve Kuvaterner oluşuklar teşkil eder. Temel genellikle ultrabazik kayalardan ve kısmen de Mezozoik kireçtaşlarından oluşmuştur. Bölgede, Trakit, Andezit, Dasit gibi volkanikler de oluşmuştur.

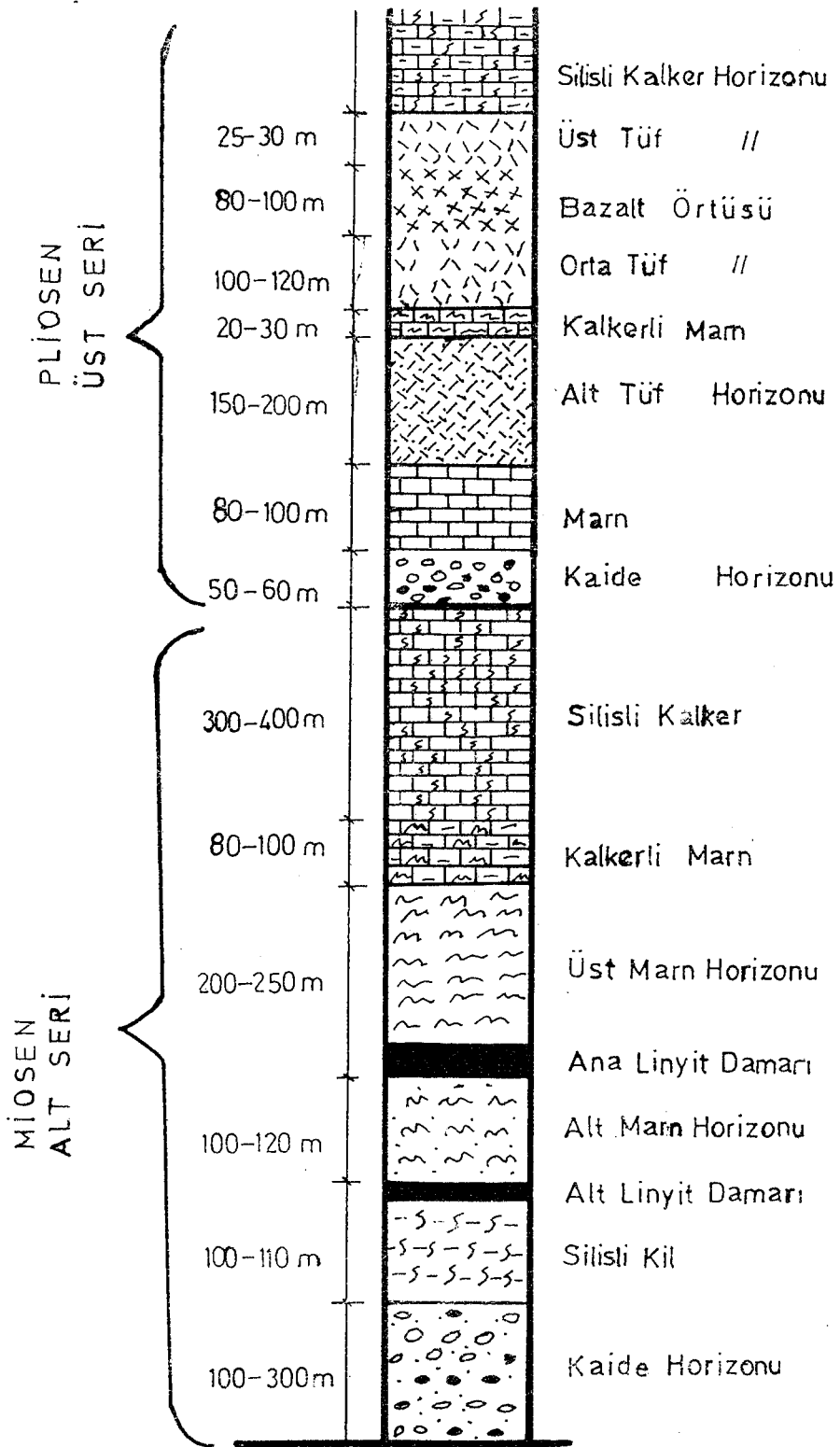
2.3.2. Temel

Havzanın temelini genellikle serpantinleşmiş ultrabazik kayalar (en çok Gabro) teşkil eder. Bölgenin kuzey batısında, temelde, Mezozoik yaşlı olması muhtemel yarı mermerleşmiş kireçtaşları, Granit ve Diyoritler de bulunur.

2.3.3. Neojen

Miosen ve Pliosen'de çökelen Tunçbilek Havzası Neojen sedimanları karasal oluşuklardır. Miosen'de çökelen "Alt Seri" veya "Tunçbilek Serisi" Pliosen'de çökelenler de "Üst Seri" veya "Domaniç Serisi" olarak adlandırılır.

"Alt Seri" (Tunçbilek Serisi): Temel üzerinde diskordanslı duran Alt Seri- iri sedimanlarla başlar. Temelin hemen üzerinde yumruk ile kafa büyüklüğünde, yıkanmış serpantin metaryellerinden teşekkül etmiş, koyu gri renkli konglemera bantları ile molozlar bulunmaktadır. Yer-yer tüf ve tüfit bantları ihtiva eden ve üst kısımlara doğru tedrici olarak gre'lerin hakim duruma geçtiği bu kaide ho-



Şekil 2.2 : Tunçbilek Bölgesi stratigrafi litolojisi

rizonu, bazalt horizonu olarak adlandırılmıştır.

Bazalt horizonunun üstünde koyu gri ile siyah renkte "Killi Şist Horizonu" bulunmaktadır. Bu horizon bazı yerlerde ekonomik değeri olmayan, tabaka veya mercerler halinde linyit damarı ihtiva eder.

Killi Şist Horizonu üzerine kiltası ve marn ihtiva eden, mavi gri renkli "Alt Marn Horizonu" onun da üzerinde mavi gri renkli marnlardan müteşekkül "Üst Marn Horizonu" gelir. Ana linyit damarı, Alt Marn Horizonu ile Üst Marn Horizonu geçişindedir.

Üst Marn Horizonunun üzerinde, beyaz gri renkli "Kalkerli Marn Horizonu" ve onun da üzerinde alt serinin en üst horizonu olan "Silisli Kalker Horizonu" görülür.

Alt serinin yaşı, özellikle Bazalt ve Killi Şist horizonları içinde bulunan, yaprak fosillerine dayanılarak Alt-Orta Miosen olarak tespit edilmiştir.

"Üst Seri" (Domaniç Serisi): Bazan temel ve bazan da seri üzerine diskordansla gelen üst serinin en önemli özelliği, volkanizma ürünleriyle kesilmiş olmasıdır.

Üst seri yıkanmış serpantin metaryellerinden ibaret gevşek bir moloz ile başlar. Yukarıya doğru marn-moloz nöbetleşmesi gösteren bu horizonu "Bazalt Horizonu" adı verilmiştir. Daha üst seviyede "Marn Horizonu" Bazalt Horizonunun sonunu teşkil eder.

Marn Horizonunun üstüne kalın volkanojen sedimanlar, "Alt Tüf Horizonu", "Kalker Horizonu", "Orta Tüf Horizonu", "Bazaltik Lav Örtüsü" ve "Üst Tüf Horizonu" gelir.

Pliosen yaşlı olan Üst Serinin sonunu "Silisli Kalker Horizonu" teşkil eder.

2.3.4. Kuvarterner

Tunçbilek havzasında Kuvarternerler, Andranos Çayı boyunca teşekkül etmiş olan traça ve alüvyonlarla temsil edilmektedir.

2.3.5. Bölgenin tektonik yapısı

Üst seri diskordan olarak alt seri üzerine yatmaktadır. Bununla beraber diskordansa her yerde rastlanılmamak tadır. Onun yerine bazı mostralarda karşılaşılan yatak durumları, alt serinin üst seri tarafından diskonform durumda alta kaydırılmış olduğunu gösterirler. Bunun üzerine konform yatak durumunda, üst serinin bazalt molozu bulunmaktadır.

Tunçbilek havzasındaki sedimanlar, orajenik hareketlerden çok fazla etkilenmemişlerdir. Bölgesel ölçekte Antiklinaller ve Senklinaller görülmez.

Neojen sonundan itibaren bölgede epirojenik hareketler başlamış, bu hareketler neticesinde torsiyon yarılmaları (Çekim fayı : Normal fay) meydana gelerek bölgeyi bloklara ayırmıştır. Epirojenik hareketlerin tesiriyle tabakaların ilk konumları bozulmuş ve az-çok eğim kazanmışlardır. Havzadaki üst seri (Pliosen) tabakaları yataya yakın veya maksimum 10° eğimlidirler. Ancak dislakasyon hatları boyunca oldukça eğimli ve dikleşmiş tabakalar görülür. Alt seri (miosen) tabakaları, üst seri tabakalarına nazaran daha fazla eğime sahiptirler (15° - 20°)

Genç fayların tümü, ortagonal bir fay sistemi meydana getirerek bugünkü akarsuların mecralarını tayin etmişlerdir. Bu fay hareketleri sonucu ana linyit horizonu bazı sahalarda mostra verdiği halde ve bu sahalarda açık işletme yöntemi ekonomik olduğu halde, bazı sahalarda ise 200 m.'den daha derinde bulunmaktadır.

2.4 Rezerv

Gerek Tunçbilek ve gerekse Seyitömer bölgesinde ikişer damar bulunmaktadır. Bu damarlardan ekonomik olarak işlevilebilecek olan ana damarın eğimi Tunçbilek bölgesinde $8-10^{\circ}$ 'dir. Damar kalınlığı 8-12 metre arasında olup, ortalama 8 metredir. Seyitömer bölgesinde ana damar $7-8^{\circ}$ eğimli ve ortalama 16 metre kalınlıktadır.

Çizelge 2.1 : Tunçbilek Bölgesi 1987 yılı rezerv hareket çizelgesi

REZERVLER	1987 YILI BASI (TON)	BU DEVRE		BAKİYE (TON)	BU DEVRE İSTİHSAL		1988 YILI BAŞINA DEVİR (TON)	
		İLAVELER (TON)	ÇIKIŞLAR (TON)		İSTİHSAL (TON)	ZAYİAT (TON)		
MUHEMEL	46 882 000	—	—	46 882 000	—	—	46 882 000	
GÖRÜNÜR	278 581 000	—	12 966 000	265 615 000	—	—	265 615 000	
MUHEMEL + GÖRÜNÜR TOPLAM	325 463 000	—	12 966 000	312 497 000	—	—	312 497 000	
YERALTI İŞLETMESİ	ÖMERLER	1 894 000	666 000	—	2 560 000	845 000	282 000	1 433 000
	İDAME	1 350 000	830 000	—	2 180 000	1 171 000	390 000	619 000
ACIK İŞLETME	ÜSTÜ ACIK KÖMÜR	1 499 000	3 853 000	—	5 352 000	1 570 000	175 000	3 607 000
	DRAGLINE ÇALIŞMALARINA HAZIR KÖMÜR	1 722 000	7 660 000	—	9 382 000	2 228 000	247 000	6 907 000
TOPLAM	6 465 000	13 009 000	—	19 474 000	5 814 000	1 094 000	12 566 000	
GENEL VARLIK	331 928 000	13 009 000	12 966 000	331 971 000	6 908 000		325 063 000	

Genellikle sert marndan meydana gelen üst örtü tabakaları altında bulunan kömür damarlarının varlığı sondajlarla tespit edilmektedir. Üretim yıllardan beri devam etmesine rağmen, gerek yapılan sondajlarla yeni tespit edilen rezervler, gerekse devletleştirilen sahalardaki rezervlerin müesseseye intikal etmesi dolayısıyla rezerv miktarında artışlar meydana gelmiştir.

Tunçbilek bölgesinin 11.576 hektar, Seyitömer bölgesinin 6.812 hektar imtiyaz sahasında müessesenin toplam 548.394.000 ton rezervi mevcuttur.

Tunçbilek bölgesinde son yıllarda yapılan sondajlardan alınan sonuçlara göre, bölgenin rezervi yeniden hesaplanmıştır. Bu çalışmalarda yeni rezerv sahaları tespit edilmiş ve muhtemel rezervin önemli bir kısmı görünür rezerve alınmıştır. Sonuçta bölge rezervi 1988 yılı başı itibarıyla 325.063.000 ton olmuştur.

Seyitömer bölgesinin rezervinin toplamı görünür rezerv olup toplam 223.331.000 ton dur.

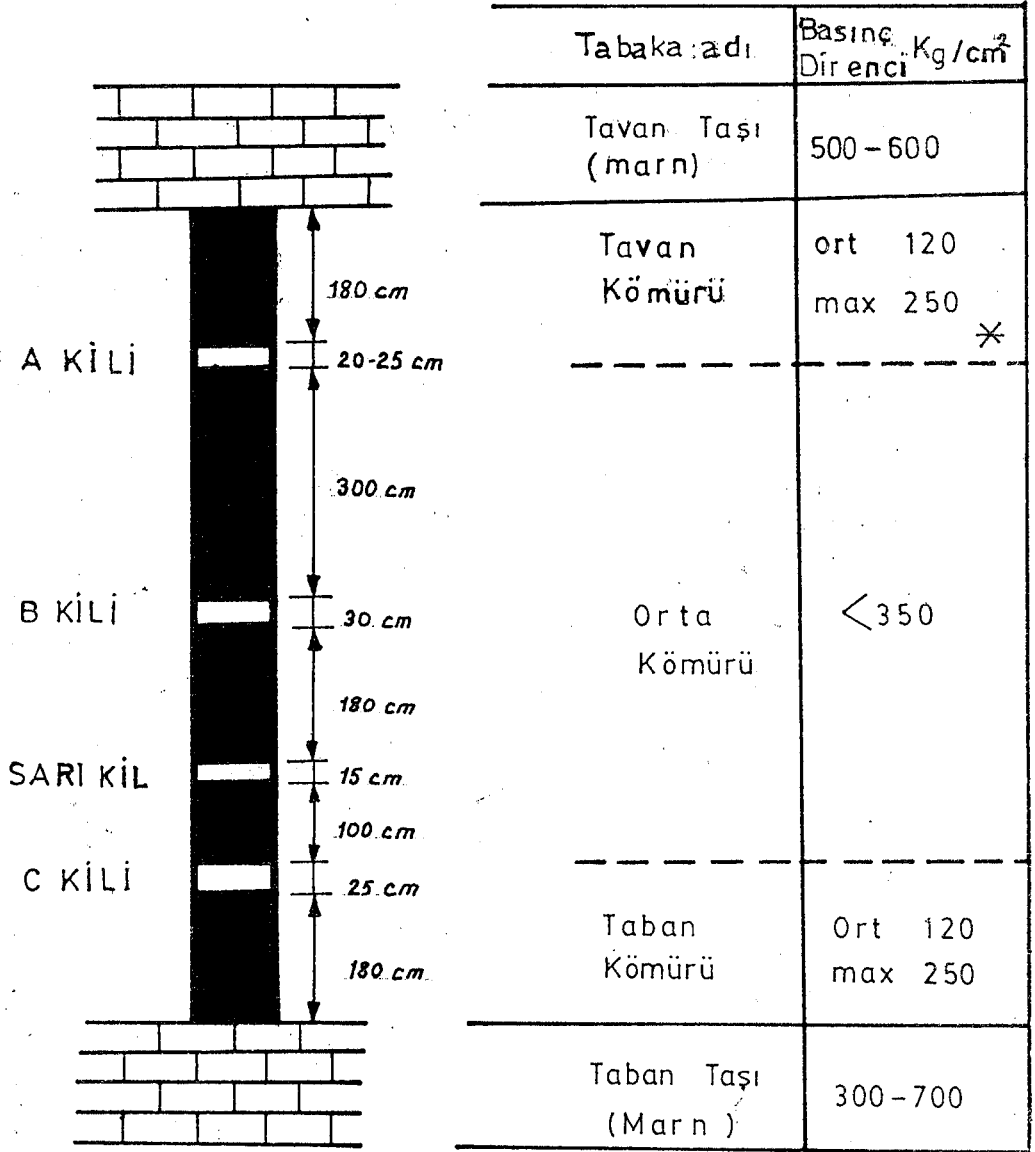
Tunçbilek bölgesinin 1988 yılı başı itibarıyla rezerv hareket tablosu Tablo 1.1 de verilmiştir.

2.5 Kömür Damarının Genel Yapısal Özellikleri Ve Niteliği

Tunçbilek kömür havzasında, alt seri (miosen) içinde iki seviyede linyit damarı teşekkül etmiştir. Bunlardan alt damar silisli kil horizonu içinde olup, adese şeklindedir. Her yerde görülmemektedir. Ve yanlara doğru süratle sterilleşmektedir. Kalınlığı da az olan bu "Alt linyit damarı"nın ekonomik değeri yoktur. Bu damar, bu nedenle işletilememektedir.

Bölgede halen işletilmekte olan kömür damarı, gene alt seride ve alt marn horizonunun üst seviyelerinde veya alt marn horizonu geçişinde teşekkül eden "Ana linyit damarı"dır.

Ana linyit damarının genel olarak eğimi, 10° civa-



* Tavan kömürünün içinde yer yer görülen "Kaynak Taşları" nın basınç dayanımı 1300 kg/cm²' ye kadar çıkmaktadır.

Şekil 2.3. : Tunçbilek kömür damarınının genel özellikleri

rında ve kalınlığı 4-12 metre arasında olup, damar içinde çeşitli kalınlıkta tabaka ve adese halinde ara kesmeler mevcuttur. Bunların en önemlileri yukarıdan aşağıya doğru olmak üzere A,B ve C killeri olarak adlandırılır. Bunlardan başka C Kilinin 1 m. kadar üzerinde "Sarı kil" diye adlandırılan bir ara kesme daha vardır.

A kili tavan taşından itibaren 130-180 cm. mesafede ve 15-20 cm. kalınlıktadır. Bu kil tabakasına her kesitte rastlanmamakla birlikte, genellikle ya çok ince veyahut da arada kömür tabakası olmadan birleşmiş olarak rastlanır.

B kili 25-30 cm. kalınlıkta ve taban taşından yaklaşık 5 metre yukarıda damarın ortasında yer almaktadır.

C kili 20-25 m. kalınlıkta ve taban taşından 180-200 cm. yukarıdadır.

Damarın tavanından tabanına doğru, kömür kalitesi homojen değildir. Tavan taşı ile A kili arasındaki kısım tavan kömürü olarak adlandırılmakta olup, bu kısımdaki kömür, damarın diğer kısımlarına nazaran daha temiz ve kalitelidir. C kilinin altında yer alan kömüre taban kömürü denilmektedir. Taban kömürü tavan kömüründen sonra damarın en kaliteli kömürüdür. A kili ile C kili arasındaki kömür ise orta kömür olarak adlandırılmaktadır. Orta kömür özellikle B kili civarında bantlı ve miksli (karışık) olup, bu kısmın kömürü damarın en düşük kaliteli kömürüdür.

Bu arakesmelerden başka, taban taşından 15-20 cm. mesafede taban kili olarak tarif edilen, 10 cm kalınlığında, zaman zaman görülen bir arakesme daha mevcuttur.

Tavan ve taban kömürlerinin basınç dayanımları ortalama 120 kg/cm^2 civarında olup, 250 kg/cm^2 'ye kadar yükselmektedir. Orta kömürünün basınç dayanımı ise 350 kg/cm^2 ye kadar ulaşabilmektedir. Tavan kömürü içinde çeşitli büyüklüklerde ve yer-yer kendini gösteren "Kaynak taşı" olarak tabir edilen silisli yumruların basınç dayanımı ise, 1300 kg/cm^2 'ye kadar çıkabilmektedir.

Damarın tavan ve taban taşı marndır. İçindeki kil/kalker oranına göre değişmekle birlikte, genel olarak taban taşının tek eksenli basınç dayanımı 100-700 kg/cm², tavan taşının tek eksenli basınç dayanımı 350-600 kg/cm² arasında değişmektedir.

45-A Panodan alınan numuneler üzerinde yapılan deneylerden, tavan taşının tek eksenli basınç dayanımı ortalama 350 kg/cm², taban taşının tek eksenli basınç dayanımı ise, ortalama 90 kg/cm² olarak bulunmuştur. (Taban taşından alınan numunelerin basınç dayanımlarının düşük çıkmasının nedeni, numunelerin çatlaklı ve kil içeriğinin yüksek olduğundan ileri gelmektedir.) Tavan taşının endirekt çekme deneyi ile bulunan çekme dayanımı ise, ortalama 55 kg/cm² dir.

Tunçbilek linyitleri, düşük kükürt içeriği ve yüksek ısı değeri ile, iyi nitelikli bir linyit kömürüdür. Tunçbilek linyitleri üzerinde yapılan araştırmalarda, kömürün koklaşmaya elverişli olmadığı, ancak Zonguldak havzası kömürleriyle belli oranlarda karıştırılarak koklaştırılabileceği ifade edilmektedir

Tüvenan ve yıkanmış kömürün analiz değerleri şöyledir.

		<u>Tüvenan kömür</u>		<u>Yıkanmış kömür</u>	
		<u>Orijinal</u>	<u>Kuru</u>	<u>Orijinal</u>	<u>Kuru</u>
Rutubet	%	11.2	—	17.5	—
Kül	%	48.6	54.7	18.7	22.7
Uçucu Madde	%	24.5	27.6	31.2	37.8
Sabit Karbon	%	15.7	17.7	32.6	39.5
Kükürt	%	1.1	1.2	1.7	2.0
Alt Isı Değeri (K.cal/kg.)		2270	2640	4400	5400

Kömürün yoğunluğu ortalama 1.5 ton/m³ tür.

15.12.1983 tarihinde İdame Ocağı tüvenan üretiminden alınan numunelerin kimyasal analiz sonuçları şöyledir.

<u>Analiz</u>	<u>Orijinal kömürde(%)</u>	<u>Kuru kömürde(%)</u>
Su	9.60	—
Kül	47.77	52.85
Uçucu madde	24.34	26.92
Sabit karbon	18.29	20.23
Toplam	100.00	100.00
Saf kömür	42.63	47.15
Mecmu kükürt	2.52	2.79
Yanıcı kükürt	0.58	0.64

Koklaşma

Kok (%) 73.08

Uçucu madde (%) 26.92

Kok özelliği: Gri toz halinde

Gaz özelliği: Uzun isli, donuk alevli

Kaloriler

Orijinal kömürde alt ısı değeri : 2452 K.cal/kg.

Kuru kömürde alt ısı değeri : 2777 K.cal/kg.

Orijinal kömürde üst ısı değeri : 2647 K.cal/kg.

Kuru kömürde üst ısı değeri : 2917 K.cal/kg.

Saf kömürde alt ısı değeri : 5890 K.cal/kg.

3. YERALTI İŞLETME SİSTEMİNİN ETÜDÜ

3.1 Uygulanan İşletme Yöntemi

Tunçbilek bölgesi yeraltı ocaklarında uygulanmakta olan üretim yöntemi "Dönümlü Uzunayak Arakat Göçertme" yöntemidir. Yöntem, "Dönümlü Uzunayak Blok Göçertme" olarak da adlandırılmaktadır.

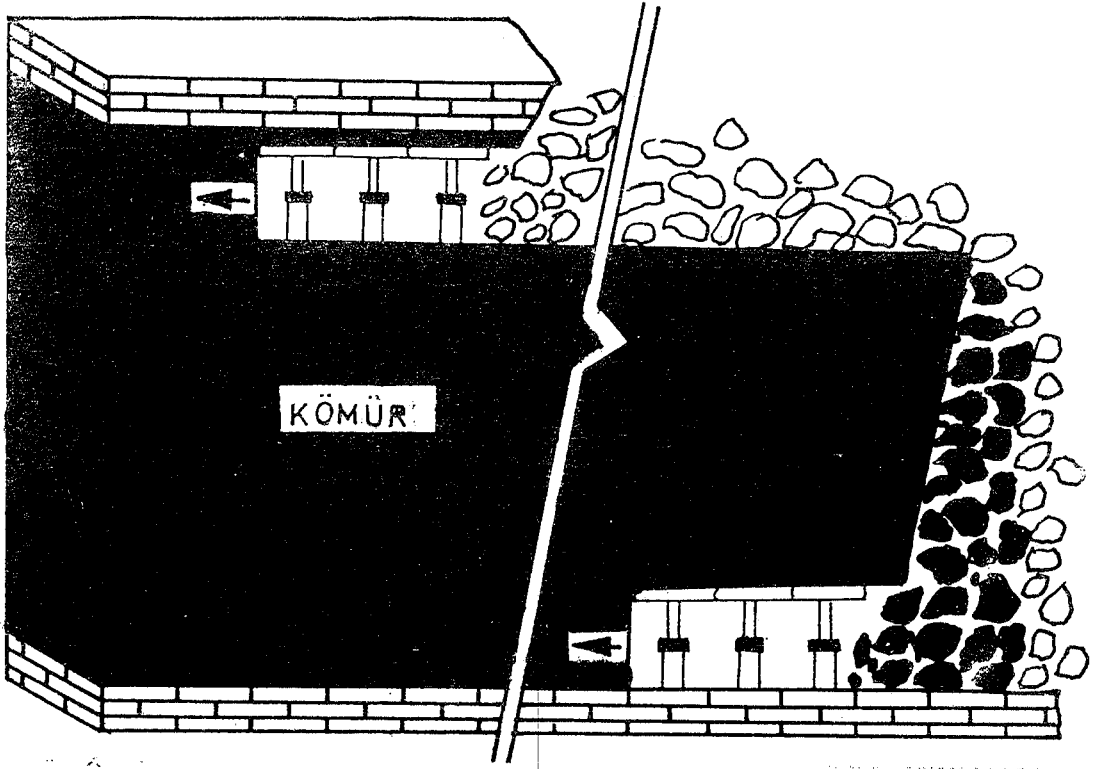
Yöntem iki şekilde uygulanmaktadır. Bu uygulamalar tavan-taban ayak ve taban ayak uygulamalarıdır. Tavan-taban ayak uygulamasında, damarın tavan ve tabanında 2 m. yüksekliğinde iki uzun ayak çalışmaktadır. İki ayak arasında kalan kısım ise, taban ayak arkasından göçertilerek alınmaktadır(Sekil 3.1). Ömerler Yeraltı Ocagında bu yöntem uygulanmaktadır. Damar kalınlığının 7 metre civarında olması halinde ise, damarın tabanında 2 metre yüksekliğinde bir taban ayak teşkil edilmekte ve ayak üzerinde kalan kömür ise ayak arkasından göçertilerek alınmaktadır. Bu yöntemde kömürün taban taşından itibaren 2 metrelik kısmı aynadan, geri kalan kısmı ise, ayak arkasından göçertilerek alınmaktadır(Şekil 3.2). Bu yöntem halen İdame Ocagında uygulanmaktadır.

Panolar, büyük atımlı faylarla sınırlanarak, genellikle 300 metre genişlikte planlanmakta, pano boyları da, damar müsait ise 800-900 metreye kadar uzatılmaktadır. Tavan-taban ayak uygulamasında her panoda 4 adet taban ayak, damarın tavanında ise, 2 adet tavan ayak tahsis edilmiştir. Ayak uzunlukları yaklaşık olarak taban ayaklarda 75 metre, tavan ayaklarda ise, 150 metre civarında olmaktadır. Panolarda üretim sırasında tavan ayaklar, taban ayaklardan en az 30 metre önde ilerlemelidir(Şekil 3.1).

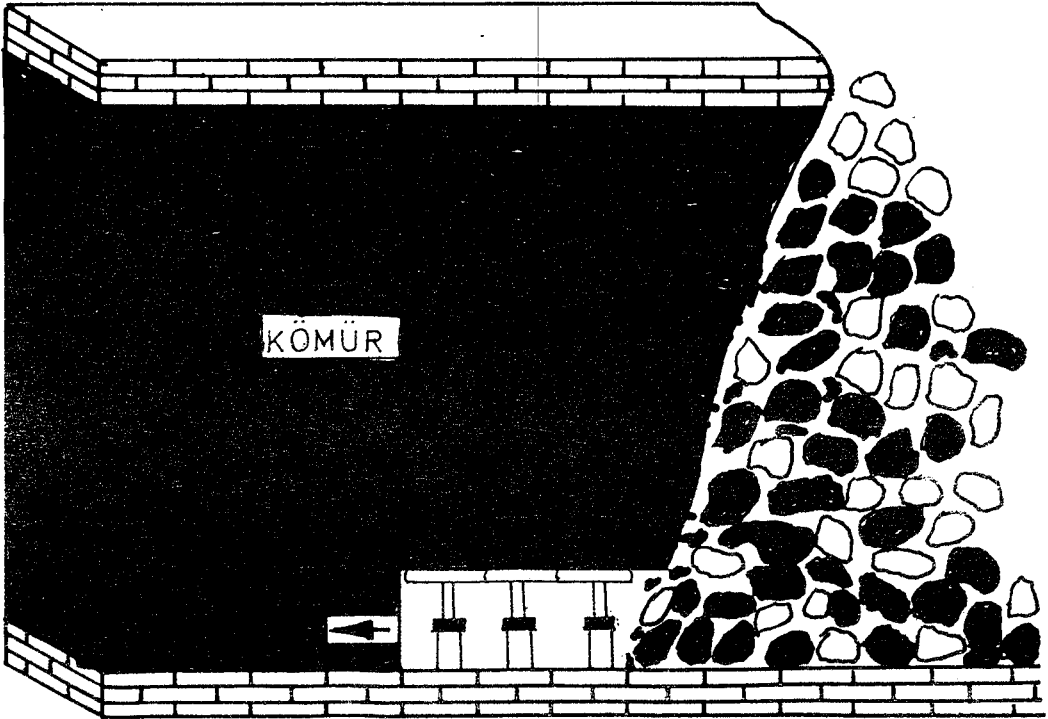
Taban ayak uygulamasında ise, her panoda 4 adet taban ayak teşkil edilmekte ve taban ayakların boyları da ortalama 75 metre civarındadır(Şekil 3.5).

3.2 Taban Ayak Uygulamasında Tahkimat Düzeni

Ayaklarda tahkimat malzemesi olarak, sürtünmeli de-



Şekil 3.1 : Tavan-taban ayak uygulaması



Şekil 3.2 : Taban ayak uygulaması

mir direklerle hidrolik direkler ve mafsalı çelik sarmalar kullanılmaktadır. Bu tahkimat, ağaç direk, sarma ve kamalarla takviye edilmektedir.

Tahkimat düzeni, 1.25 metre boyundaki çelik sarmalar, aynaya dik vaziyette ve aralarında 0.60 metre mesafe olacak şekilde bir önceki sarmaya eklenerek ve altına direk vurularak tesis edilir. Ayak içinde en fazla 3 sıra tahkimat bulunur. İki çelik sarma üzerine 5,6 adet ağaç kama konularak tavan tutturulur. 2.5 metre boyundaki emniyet sarmaları, iki kurtağzı direk ile aynaya paralel olarak, son sıra direklerin arkasına atılır. Bu tahkimat düzeni ayaklarda 1.07 direk/m²lik bir tahkimat yoğunluğu sağlamaktadır. Ayaklarda normal şartlarda yük yoğunluğu 25 ton/m² dir. Fakat jeolojik şartlara bağlı olarak 35 ton/m² den 42 ton/m² ye kadar çıkabilmektedir. Ayaklardaki konverjans miktarı da yaklaşık 60 mm./m. civarındadır

3.3 Ayaklarda Çalışma Düzeni

3.3.1. Ayna çalışması

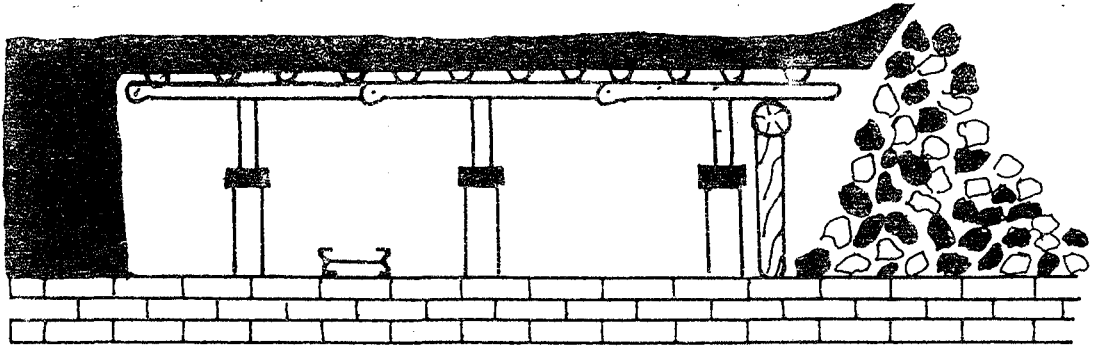
Ayna vardiyasında, bir önceki vardiyada lağımlanarak gevşetilmiş bulunan aynada, 1.25 metrelik bir kısmın kömürü martopikörle kazılarak tahkimatı yapılır.

3.3.2. Söküm çalışması

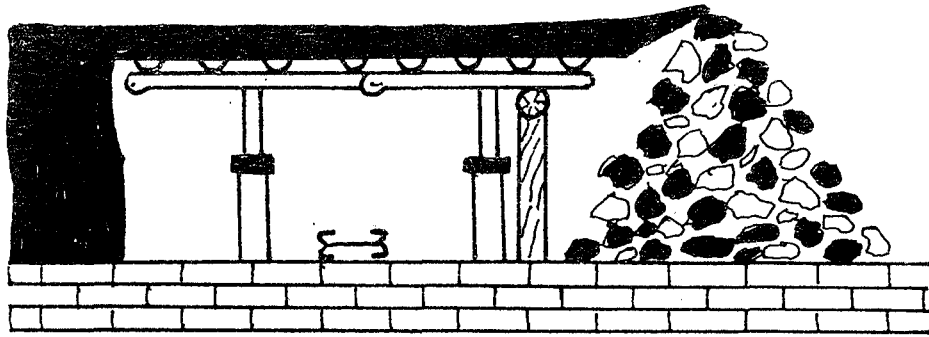
Ayna vardiyasında yapılan tahkimatla, ayak içindeki tahkimat sırası 3'e yükselmiştir. Söküm vardiyasında aradaki üçüncü sıra tahkimatın sökümü yapılır.

3.3.3. Arka kömürünün göçertilmesi

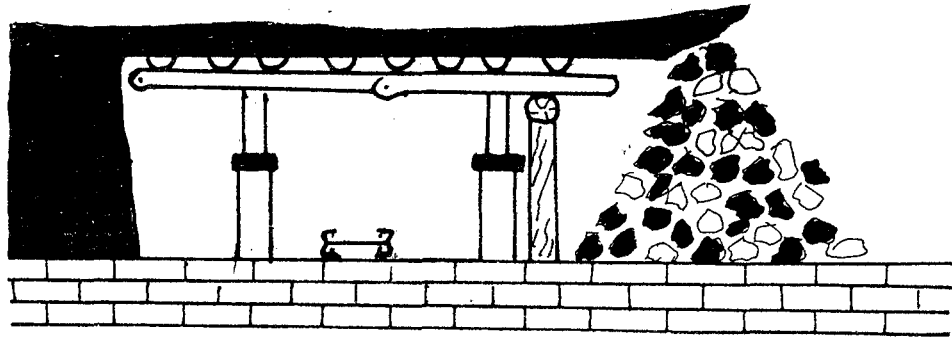
Tahkimatı sökülen kısımda arka kömürü göçertilir. Göçertme ameliyesinde sivriç (geberi), kazma ve martopikör kullanılmakta, gerekirse lağım atılmaktadır. Göçertililen kömürün kazma ile zincirli konveyörün üzerine dolması sağlanır.



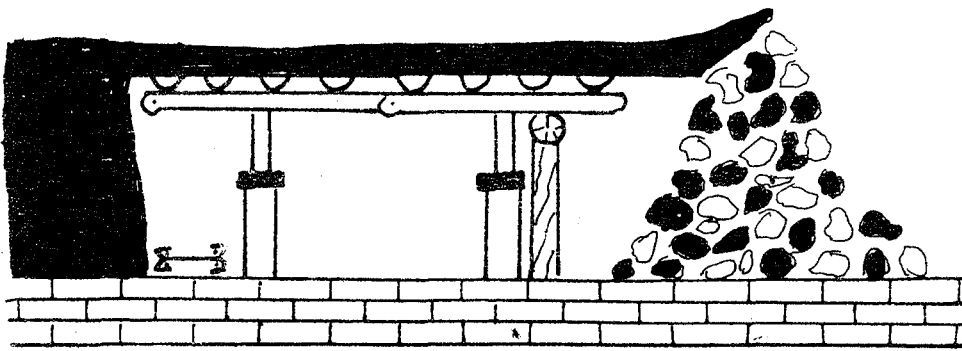
Kazı vardiyası sonu



Söküm vardiyası sonu



Arka kömürü vardiyası sonu



Oluk çekimi vardiyası sonu

Şekil 3.3 : Taban ayaklarda vardiyalara göre çalışma düzeni

3.3.4. Koveyör çekimi ve lağımlama

Arka kömürünün üretimi bitirilmesinden sonra, zincirli konveyörün birinci haveye çekimi yapılır. Konveyör bulunduğu orta havede sökülerek, ön havede tekrar monte edilir. Bu sırada aynaya şaş beş delikler delinir. Çekim ve delik delme tamamlandıktan sonra, delikler doldurulur ve patlatma yapılır.

3.4 Arka Kömürünün Göçertilmesi

Bu çalışma düzeni içinde en kritik safha, tavan kömürünün göçertilerek, ayak arkasından arka kömürü olarak alınmasıdır. Bu safhada damarın %50-60 nın üretilmesi beklenmektedir. Öncelikle tavan kömürünün ayak arkasında topuk yapmadan, bütün ayak boyunca göçertilmesi gerekmektedir. Çoğu zaman bu mümkün olmamakta, dinamitlemeye rağmen tavan kömürü kırılmamakta ve tavanda askıda kalmaktadır.

Tavan kömürünün göçertilmesinin yanında, göçertilmiş kömürün de bütün ayak boyunca, düzenli ve homojen bir şekilde ayak arkasından çekilmesi gerekmektedir. Aksi halde; kömürün hemen arkasından tavan taşı gelmekte ve gelen tavan taşı da kömürün önünü kapatarak, kömürün arkadan alınmasını engellemektedir. Diğer bir deyişle, kömürü göçürüp hapsetmektedir. Ayak arkasında kömür zayıflığını azaltma ve ayak arkasında hapisolan kömürün üretilmesi gayretleri, arka kömürü üretimine büyük oranda tavan taşının karışmasını doğurmaktadır.

Bu sebeple, arka kömürü üretiminde çoğu zaman arzu edilen sonuç sağlanamamaktadır. Damar kalınlığına göre değişmekle beraber, bu sistemde arka kömürü üretiminde, arka kömürünün ancak %40-50 si alınabilmektedir. Bu da, bütün damarda yaklaşık %30 civarında bir işletme kaybına karşılık gelmektedir. Buna karşılık, üretilen kömür içerisinde de büyük oranda tavan taşı karışmaktadır.

3.5 Nakliyat

Ayaklarda üretilen kömür, 150 ton/saat kapasiteli çift zincirli konveyörler ile, taban yolundaki sabit konveyöre gelir. Sabit konveyör iki ayakdan gelen kömürü taşımaktadır. Sabit konveyörden gelen kömür, sabit konveyör önündeki 30" lik bantlı konveyöre gelir. Buradan 36" lik pano toplama bantına gelen kömür, ana bant ile ana kuyuya (bür'e) dökülür. Kuyu altından dozerlerle 5.5 ton luk vagonlara yüklenir(Şekil 3.4.). Trolleylerle 15 vagonluk katarlar halinde demiryolu nakliyatına cabi tutulan kömür, döner tumbaya gelir. Döner tumbada vagonların devrilmesiyle kömür ocak istihsal kuyusuna dökülür. Kömür, kuyu altından dozerlerle 42" lik ana ihraç bantına yüklenerek lavvuvar'a taşınmaktadır.

3.5.1. Nakliyatta kullanılan bantların teknik karakteristikleri

30" lik bantların teknik karakteristikleri

Boy	: 150 m.
Kapasite	: 150 - 200 ton/saat
Hız	: 1.5 m/sn.
Genişlik	: 760 mm.
Kalınlık	: 14 mm.
Üst kaplama kalınlığı	: 5 mm.
Alt kaplama kalınlığı	: 3 mm.
Üst rulolar arası mesafe	: 1250 mm.
Alt rulolar arası mesafe	: 2500 mm.
Tambur genişliği	: 815 mm.
Tambur çapı	: 460 mm.
Kat adedi	: 4 + 1
Kauçuk sertliği	: 65-70 Shore

36" lık bantın teknik karakteristikleri

Boy	: 200 m.
Genişlik	: 914 mm.
Kapasite	: 350 ton/saat
Hız	: 1.5 m/sn.
Kalınlık	: 17 mm.
Üst kaplama kalınlığı	: 5 mm.
Alt kaplama kalınlığı	: 2 mm.
Çalışma meyili	: $\mp 15^{\circ}$
Kauçuk sertliği	: 65-70 Shore

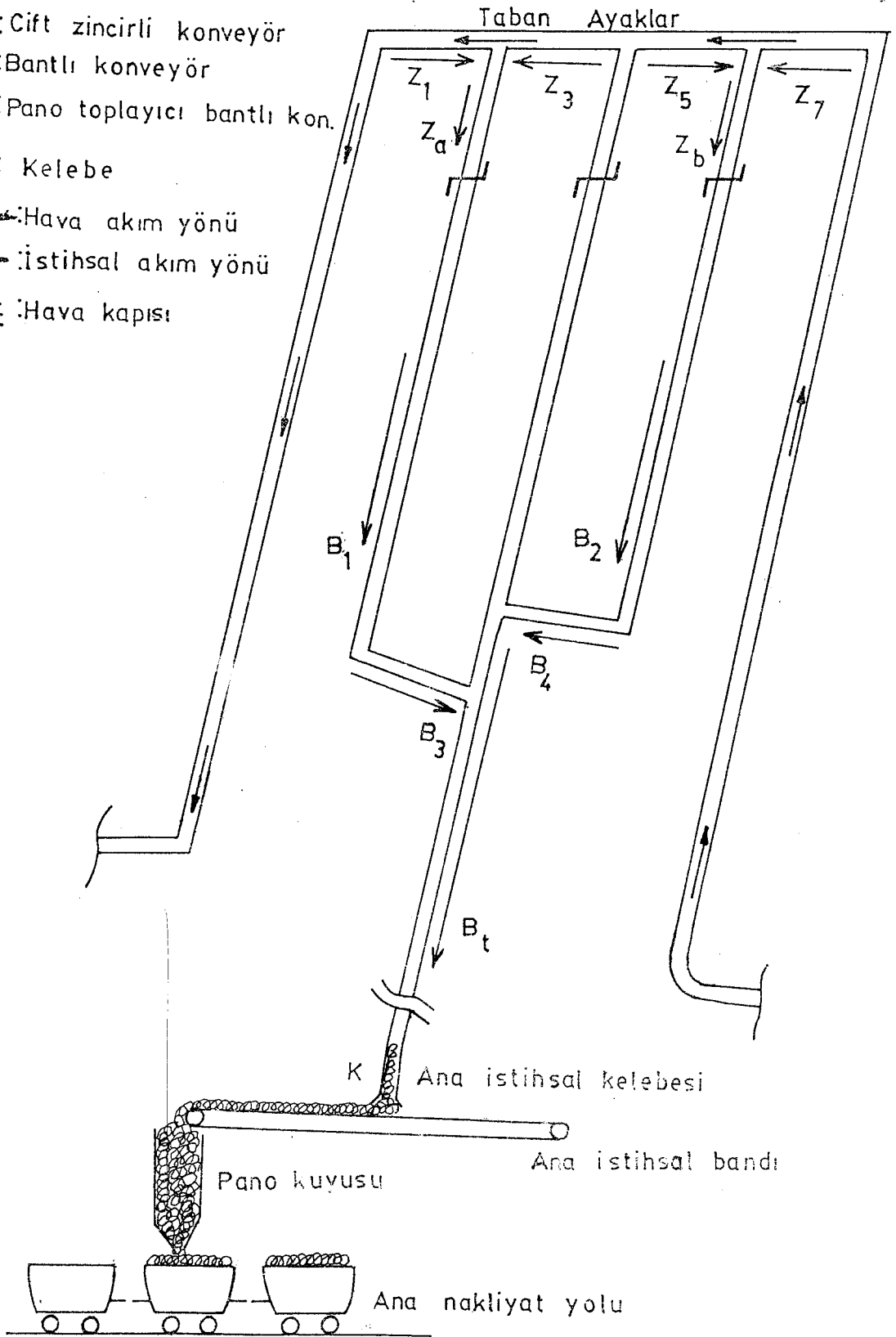
42" lik ihraç bandının genel karakteristikleri

Toplam uzunluk	: 420 m.
Genişlik	: 42"
Kapasite	: 450 ton/saat
Hız	: 1.73 m/sn.
Alt kaplama kalınlığı	: 3 mm.
Üst kaplama kalınlığı	: 7 mm.
Çalışma meyili	: 11°
Kauçuk sertliği	: 65-70 Shore

3.6 Hazırlık

Kömür içindeki ana yollar ve pano hazırlık galerileri bir hazırlık ekibi ile klasik sistemle sürülür. Klasik sistemde ayna ilerlemesi, martoperfaratör ile delinen deliklerin dinamitle doldurularak ateşlenmesi ve gevşetilen aynanın martopikörle kazılması ile gerçekleştirilir. Aynadaki pasa tek zincirli konveyörlere yüklenerek 30" lik bantlı konveyörle veya 5.5 tonluk vagonlarla ocak nakliyatına bağlanmaktadır.

- Z : Çift zincirli konveyör
 B : Bantlı konveyör
 B_t : Pano toplayıcı bantlı kon.
 K : Kelebe
 → : Hava akım yönü
 → : İstihsal akım yönü
 ≡ : Hava kapısı



Şekil 3.4 : Taban ayak uygulamasında nakliyat ve havalandırma prensip şeması

Taş içindeki ana nakliye yollarının sürülmesi, klasik sistemle yapılmaktadır. Ayrıca, taş içindeki nakliye yollarının sürülmesi amacıyla DOSCO MK.2A tipi bir galeri açma makinası da bulunmaktadır.

Galeri kesitleri değişken olup, genellikle 7 m² ve 9 m² dir. Kısa ömürlü galerilerin tahkimatı, trapez kesitli ağaç tahkimat ile yapılmaktadır. Uzun ömürlü galerilerin tahkimatı ise, 1.30 m. aralıklarla atılan "I" profilli rijit demir bağlarla yapılmakta olup, iki bağ arası ağaç fırçalarla tutturulmakta ve ağaç kamalarla kamalanmaktadır.

3.7 Havalandırma Sistemi Ve Yağın Olasılıkları

Ocakda, zehirli ve patlayıcı gazlar ile toz tehlikesi yoktur. Üfleyici olarak çalışan 2 adet 1500 m³/dak. kapasiteli vantilatör ile ocağa verilen hava, ayakları ve anayolları dolaştıktan sonra, nefeslik galerilerinden dışarı çıkar. Hazırlık işleri sırasında galeri havalandırmaları, elektrik enerjisi veya basınçlı hava ile çalışan tali vantilatörlerle yapılmaktadır.

İdame Ocağında 1987 yılı sonlarında 45-A Panoda bir yangın tehlikesiyle karşılaşmıştır. Alınan tedbirlerle yangın olasılığı önlenmiş ve panoda 1988 yılı başlarında üretime yeniden başlanmıştır. Ayrıca ocakta, 1960 yıllarında işletilerek kapatılan bir panodan gelen suyun sıcak olduğu izlenmiştir. Uygulanan üretim sisteminin dönümlü ve kömür bünyesindeki kükürt oranının az olması, kömürün üretilirken yanma olasılığını azaltmaktadır. İşletme sistemi nedeniyle zayıf olarak kalan kömürlerin yanması, ya uzun zaman almakta veya panolardaki sızdırmazlık tam olarak sağlandığından yangın meydana gelmemektedir. İyi bir havalandırma sistemi ve koordineli bir çalışma ile, kömürün üretim sırasındaki yanma olasılığı tamamen ortadan kaldırılabilir.

Z : Çift zincirli konveyör

B : Bantlı konveyör

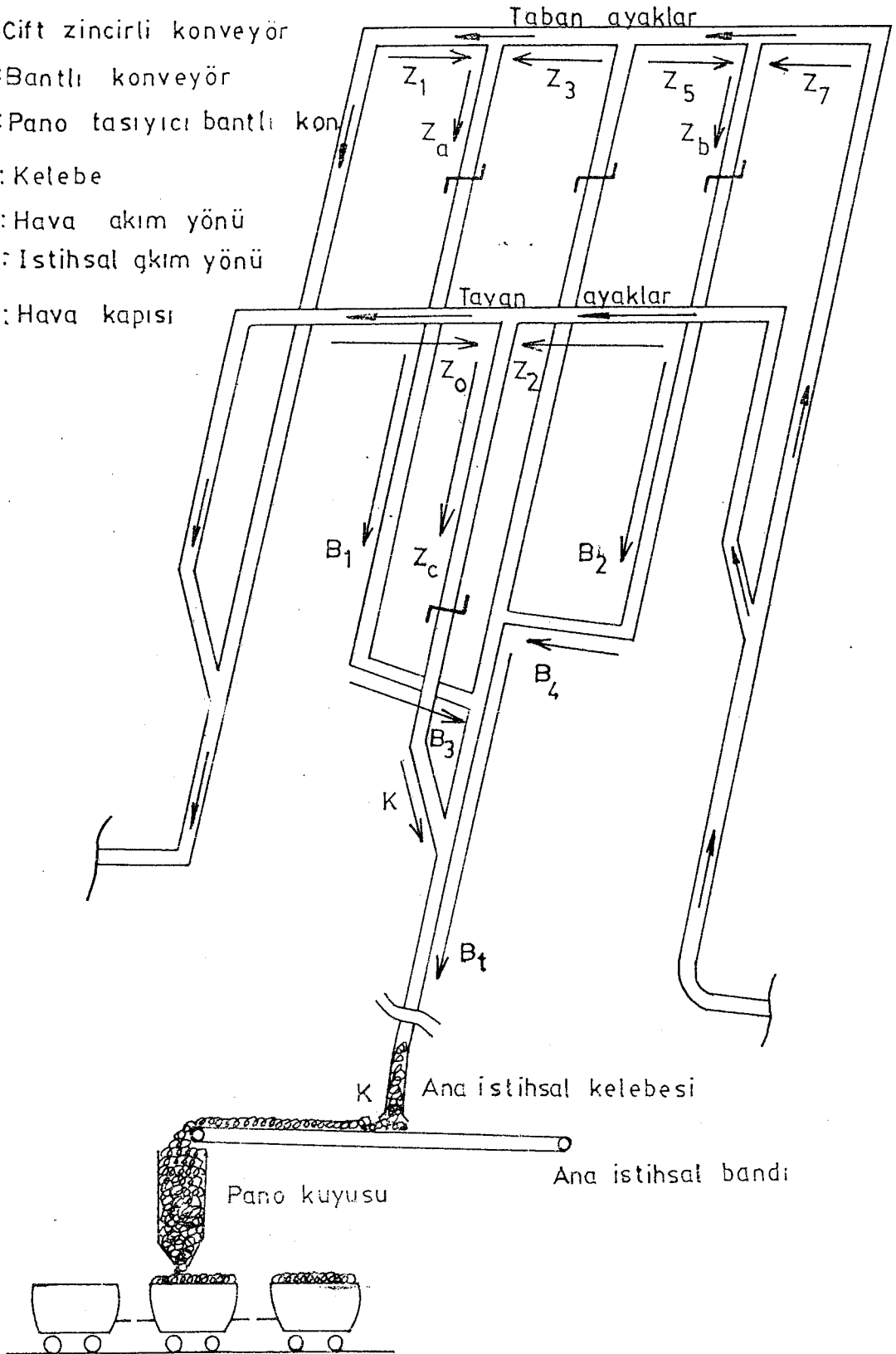
B : Pano taşıyıcı bantlı kon

K : Kelebe

→ : Hava akım yönü

→ : İstihsal akım yönü

≡ : Hava kapısı



Şelil 3.5 : Tavan-taban ayak uygulamasında, nakliyat ve havalandırma prensip şeması

3.8 Su Atımı

Tunçbilek İdame Ocağında su geliri azdır. Dolayısıyla su geliri, üretimi engelleyecek düzeyde bir sorun yaratmamaktadır. Su geliri yaklaşık olarak $1.5 \text{ m}^3/\text{ton}$ kömürdür.

Ocak suları, yeraltında iki ana su toplama havuzunda toplanarak, buradan santrifüj pompalarla yeryüzüne basılmaktadır.

4. BASINÇLI SU İLE GEVŞETME TEKNOLOJİSİNDE KÖMÜR DAYANIMININ ETKİSİ

Kömür dayanımı esas olarak, kömür petroğrafisine, kömürleşme derecesine ve kömürün zayıflık düzlemlerine bağlıdır. Bu dayanım kömürün iç yapısıyla belirlenebilir. Kömürün basınçlı su ile gevşetme teknolojisini ve seçimini etkiler. Kömürü kırma ve parçalamanın verimliliği, kömür dayanımı ile uygulanan su basıncı arasındaki ilişkiye bağlıdır. Kömürün basınçlı su ile gevşetme teknolojisinde, kömür üretimi ve ekonomisinin, çatlak sistemleri, tabakalama ve klivaj düzlemleri arasındaki yanıl dayanıma (kohez yona) bağlı olduğu söylenebilir.

4.1. Kömür Sertliğinin Sınıflandırılması

Kömür damarlarının sertlik ve dayanımlarının büyük ölçüde kömürleşme derecesine ve yapısal deformasyonlara bağlı olduğu bilinmektedir. Fakat bazı durumlarda daha genç jeolojik yaşta fakat yüksek kömürleşme derecesine sahip kömürler de vardır.

Genel olarak kömür damarlarının dayanımı birçok grupta sınıflandırılabilir.

Çok sert kömür

Kömürleşme derecesi	: Yarı antrasit ve antrasit (klivaj düzlemi yok)
Dayanım	: 20-40 MN/m ² (MPa), (200-400 kg/cm ²)
Kırılma	: Delme-patlatma tekniği, mekanik kazı

Çok sert kömürler, mekanik ve hidrolik kazıdan önce genelde hidrolik çatlama (basınçlı su ile gevşetme) gerektirir.

Sert kömür

- Kömürleşme derecesi : Yarı bütümlü kömürler, koklaşabilir kömür, yarı antrasit ve klivaj düzlemlili antrasit.
- Dayanım : 10-25 MN/m² (MPa), (100-250 kg/cm²)
- Kırılma : Mekanik kazı

Sert kömürler hidrolik çatlatma (basıncılı su ile gevşetme), hidro-mekanik kazı ve su jeti teknolojisi ile kazıya uygundur. Yarı bütümlü kömürlerin yüksek porozitede olmaları, su ile temasta elastik özelliklerinin değişmesi bu kömürler için, basıncılı su ile gevşetme ve jet teknolojisi- ni uygun kılmaktadır.

Yumuşak kömür

- Kömürleşme derecesi : Linyit, altere olmuş yarı bütümlü kömürler, orajenik olarak bozuşmuş koklaşabilir kömürler, klivaj düzlemlili antrasit.
- Dayanım : 3-10 MN/m² (MPa), (30-100 kg/cm²)
- Kırılma : Mekanik kazı

Yumuşak kömürler, basıncılı su ile gevşetme, hidro mekanik kazı ve su jeti teknolojisi ile kazıya uygundur.

Çok yumuşak kömür

- Kömürleşme derecesi : Altere olmuş linyit, jura ve krate- se yaşlı çok ezik koklaşabilir kömür çok yumuşak yarı antrasit.
- Dayanım : 0-3 MN/m² (MPa), (0-30 kg/cm²)
- Kırılma : Yeraltı işletmeciliği yapılamaz.

Bu sınıflandırmada Tunçbilek kömürlerini basınç daya- nımını göz önüne alarak, yumuşak kömür ile sert kömür ara-

sında bir sınıfa sokabiliriz. Dolayısıyla tunçbilek kömürlerinde basınçlı su ile gevşetme teknolojisinin uygun olacağını söyleyebiliriz.

4.2. Zayıflık Düzlemlerinden Dolayı Kömür Dayanımının Azalması

Kömür damarlarının mekanik stabilitesinin bozulmasına sebep olan yapısal bozukluklar, kömür dayanımını azaltır. Bununla beraber kömür damarlarının zayıflık düzlemleri kömürün kırılma yönünü ve üretim hızını etkiler. Genelde yapısal bozukluklar ve kömürün kırılma yönü arasındaki ilişki iki grupta toplanabilir.

a) Kömürün yataklanmasındaki bozukluklar: Kömürün basınçlı su ile gevşetilmesinde damar profilinin yapısı büyük rol oynar. Kömür içinde delinen deliklere basınçlı su enjekte edildiğinde, basınçlı su yataklanma düzlemleri ve çatlak sistemleri doğrultusunda boyunca nüfuz eder. Suyun nüfuz edebilmesi ve gevşetilen kömür miktarı, kömür sertliği ve klivaj düzlemleri arasındaki mesafeye bağlı olduğu kadar, yataklanma düzlemleri arasındaki kesme dayanımına da bağlıdır.

b) Klivaj bozuklukları: Ocağın stabilitesi ve kömürün gevşetilebilirliği üzerinde, tabakalanma düzlemlerinden çok klivaj bozuklukları rol oynar. Klivaj bozuklukları kömürün orijinal dayanımını ve mekanik stabilitesini düşürür. Çatlaklaşmanın yönü büyük alanlar boyunca oldukça üniformdur. Ve kaynağına göre üç temel gruba ayrılır(Bilgin,1984)

Andojenik çatlaklar: Isı değişimi veya büzülmeden dolayı kayacın iç gerilmelerinden doğar. Bu çatlaklar yataklanma düzlemine diktir. Örneğin Batı Kanada'daki Plans bölgesindeki kömür yataklarındaki çatlaklar NW-SE yönündedir. Ve endojenik etkilerden kaynaklanmıştır. Bu çatlaklar eksojenik etkilerle oluşmuş NE-SW yönündeki çatlaklara diktir.

Ekzojenik çatlaklar: Kayaç tabakalarında basma ve çeme gerilmeleri yaratan dış tektonik kuvvetlerle oluşmuştur. Bu tür çatlaklar genelde açık çatlaklar şeklindedir.

İkincil çatlaklar: Topuklardaki basınçlardan dolayı oluşur. Bu çatlakların yönü, yataklanma düzlemine göre gelişi güzeldir.

Çatlakların yönü ve devamlılığı kömür kazısını, üretimini ve ocağın stabilitesini büyük ölçüde etkiler. Çatlakların tüvenan kömürün tane dağılımı üzerinde ki etkisi büyüktür. Kömür üretim hızı, çatlakların yönlenmesine göre, ilerleyen arının yönüne bağlıdır. Basınçlı su ile gevşetme teknolojisinde, basınçlı su enjekte edilen deliklerin yönü çatlak sistemine göre dik ve dike yakın olduğu zaman, suyun bu çatlaklara nüfuz edebilmesi için, en ideal şartlar sağlanmış olur.

4.3. Kömür Damarlarının İç Yapıları

Kömür damarı profili, jeolojik yapısal karakteristiklerle birlikte, özellikle basınçlı su enjeksiyonu uygulamalarında, kömürün çatlama ve kırılma parametreleriyle belirlenebilir. Kömür damarı boyunca, çok yumuşaktan çok serte kadar kısımlar bulunabilir. Bu da kömür kazı teknolojisini etkiler. Değişik çekme ve basma dayanımlarına sahip kısımlardan meydana gelmiş damar, mekanik kazı için uygun değildir.

Kömürün verimli olarak basınçlı su enjeksiyonu ile gevşetilmesi ve çatlatılmasının, iç yapıları ile belirlenen klivaj düzlemleri ve çatlak sistemlerine bağlı olduğu açıktır. Bunun yanında, basınçlı su ile gevşetme teknolojisi uygulamalarında, kömür damarı boyunca, kömür porozitesinin ve maksimum kömür permeabilitesinin yönünün bilinmesi önemlidir. Zira bu permeabiliteler, kömürün gevşetilmesi ve çatlatılmasını doğrudan etkiler ve spesifik su absorpsiyonunu kontrol eder.

Basıncılı su ile gevşetme teknolojisinde, kömür damarının birbirinden çok farklı mekanik dayanıma sahip kısımlardan meydana gelmesi, damarın tümünün gevşetilmek istendiği durumlarda istenilmeyen bir durumdur. Bu durumda düşük dayanıma sahip kısımlar, düşük basınçlarda ve çok daha önceden çatlatılıp kırılacağından, su diğer açık çatlak sistemleriyle irtibat sağlayacaktır. Bu durumda da delik içerisinde istenilen su basıncı sağlanamayacaktır. Daha zayıf dayanıma sahip kısımlarda istenilen kırılma ve çatlatma sağlanırken, daha yüksek mekanik dayanıma sahip bölgelerde ise, istenilen gevşetme ve çatlatma etkisi sağlanamayacaktır.

4.3.1. Gözeneklilik (Porozite)

Bütün jeolojik devirlerde meydana gelmiş olan kömürler, tamamen masif bir yapıya sahip olmayıp, boyutları birkaç mikron ile birkaç milimetre arasında değişen boşluklar içerirler. Bu mikroskobik boşluklar kılcal kanallar halinde olabilecekleri gibi, küresel veya gayet düzensiz şekillerdede olabilirler.

Gözenek hacmi ile gözenek yüzeyi arasında açık bir ayrımın yapılması zordur. Gözenek hacminin büyük olması, gözenek yüzeyininde mutlaka geniş olmasını gerektirmez.

Gözeneklilik teriminden, gözeneklerin işgal ettiği hacim yüzdesi anlaşılır. Kömürlerin gazları absorbe etme (emme) kapasitesi, buharlarda ve sıvılarda şişme, nem tesirinde ısrının artması ve yoğunluk gözenekliliğin birer fonksiyonudur.

Birçok araştırmacıya göre kömürlerde iki gözenek sistemi bulunmaktadır.

1. Civanın normal basınç altında nüfuz edemediği gözenekler: Çapının 10 mikrondan büyük olduğu bilinen bu gözenekler bir mikropor sistemi oluştururlar.

2. Civanın yüksek basınç altında dahi nüfuz edemediği gözenekler: Ancak helyum gazının nüfuz edebildiği en küçük

boyu 3 \AA civarında olan ve bir mikropor sistemi meydana getiren gözeneklerdir.

Yukarıda açıklanan iki ayrı gözenek sistemi arasında bir geçiş sistemi bulunmaktadır. Her iki gözenek sistemine helyum gazı normal basınç ve oda sıcaklığında nüfuz edebilmektedir.

4.4. Basıncılı Su İle Gevşetme Ve Çatlatmanın Mekanizması

Basıncılı su ile gevşetme teknolojisinde su, öncelikle delik ile irtibatlı açık çatlaklara nüfuz ederek, bu çatlaklar arasındaki bağları ve kohezyonu zayıflatır. Uygulanan basınca bağlı olarak su, daha sonra delik ile irtibatlı gözenekler ile tabakalanma düzlemleri boyunca nüfuz eder. Tabakalanma düzlemleri ve gözenek sistemleri arasındaki bağları zayıflatarak kohezyonu düşürür.

Kırık çatlak sistemleri, tabakalanma düzlemleri ve gözenekler boyunca nüfuz ederek buralardaki bağları zayıflatan ve kohezyonu düşüren su, buralarda yeni kırık çatlaklar oluşturur. Yeni çatlakların oluşması, uygulanan su basıncına, iki tabaka düzlemi ve çatlak sistemi arasındaki mesafeye (kalınlığa) ve kömürün mekanik dayanımına bağlıdır. Su basıncı ile oluşan kırık çatlaklar, daha önce var olan süreksizlikler (Kırık-çatlak sistemleri ve tabakalanma düzlemleri) ile bağlantı sağlayabilecekleri gibi, sağlamadığı durumlar da olabilir. Böylece delik civarında kömür çatlatılmış ve gevşetilmiş olur.

5. LABORATUAR DENEYLERİ

5.1. Deney Numunelerinin Yeraltından Alınması Ve Hazırlanması

5.1.1. Deney numunelerinin yeraltından alınması ve korunması

Deney numuneleri 45-A Panoda ayak arkasından göçertilen kömürden alınmıştır. Alınan numunelerin ayak arkasında göçmesi, ayakta daha önce yapılan işlemler sonucu ve tavan basıncının etkisi ile olmuştur. Numuneler seçilirken klivaj düzlemlerinin sağlamlığına ve çatlaksız oluşlarına özen gösterilmiştir. Alınan numunelerin kalınlıkları 7-10 cm, genişlikleri ve uzunlukları ise, 20-40 cm. arasında değişmektedir.

Kömürden alınan numuneler büyük bir özenle ve ele taşımak suretiyle ayaktan dışarı çıkartılmış ve yine aynı şekilde ocak dışına nakledilmiştir. Ocak dışına çıkartılan numuneler, 20 X 25 X 50 cm. boyutlarında özel olarak hazırlanmış ahşap sandıklar içerisine betonlanarak yerleştirilmiştir. Betonlama işlemi şöyle yapılmıştır: Çimento, kum ve su karışımı ile elde edilen harç, sandığın dibine 3 cm. kalınlıkta döküldükten sonra, torbalardan çıkarılan kömür numuneleri sandık içine dökülen harç üzerine düzenli bir şekilde yerleştirildi. Daha sonra, kömür numuneleri ile sandık arasında kalan kısımlar ve numunelerin üst kısmı da harçla tamamen kaplandıktan sonra sandıklar numaralanarak kurumaya bırakıldı (Şekil **EX.1**). Bütün numuneler bu şekilde hazırlandıktan sonra, oda sıcaklığında 7 gün süre ile kurumaya bırakıldı. Daha sonra numuneler 'Tunçbilek'ten Eskişehir'e karayolu ile nakledildi. Böylece sandıklar içerisinde betonlanarak korunan numunelerin nakliyat sırasında ve bu numunelerden karot numunelerin alınmasına kadar geçen sürede sarsıntılardan, çarpmalardan ve atmosferik etkilerden korunması sağlanmıştır.

Tavan taşından alınan alınan numuneler 45-A Panoda ayak arkasındaki göçükten alınmış ve bez torbalar içerisinde elle taşınmak suretiyle ocak dışına çıkartılmıştır. Taban taşından alınan numuneler ise, damarın taban taşı-kömür kontağından martopikör ve kazma yardımıyla çıkartılarak, aynı şekilde ocak dışına nakledilmiştir. Tavan ve taban taşından alınan numuneler bez torbalar içerisinde saklanarak, sarsıntılardan, çarpmalardan ve atmosferik etkilerden korunmuştur.

5.1.2. Karot numunelerin alınması

Kömürden alınan karot numuneler, sulu sistemle çalışan FABCO marka karotalıci makina ile tabakalanma düzlemine dik doğrultuda alınmıştır. Kullanılan karotiyer iç çapı 5,40 cm. ve boyu 12 cm. dir. Karotların alınması sırasında makina devri 1020 devir/dak. olarak seçilmiştir. Baskı genellikle otomatik olarak ve zaman zaman da elle ayarlanmak suretiyle verilmiştir. Karot alınmadan önce numuneler sandıklar parçalanmak suretiyle sandıklardan çıkartılmış ve numunelerin üst kısmındaki beton kırılmak suretiyle kömür numunesinden ayrılmıştır. Böylece karot numune alınırken, karotiyer boyundan maksimum düzeyde istifade etme yoluna gidilmiştir. Karot numunelerin boylarının, maksimum karotiyer boyu kadar olmasına dikkat edilmiş ve alınan numuneler karotiyerden özenle çıkartılmıştır. Alınan karot numunelerin karotiyerden çıkartılması esnasında, numunelerin bir kısmında tabakalanma düzlemlerinden ve kırık-çatlak sistemlerinden zaman zaman kopmalar olmuştur. Deney için uygun şekilde alınabilen karot numuneler, plastik torbalar içerisinde ayrı ayrı saklanarak dış etkilerden korunmuştur.

Tavan ve taban taşından alınan karot numuneler de aynı marka makina ve aynı dönme hızı ile alınmıştır. Deney yapabilecek boyutta ve özellikle karot numune alınırken önemli bir sorunla karşılaşılmamıştır. Tavan ve taban taşından alınan karot numuneler de ayrı ayrı plastik torbalar içinde saklanarak dış etkilerden korunmuştur.

5.1.3. Karot numunelerin deney için hazırlanması

Kömürden, tavan ve taban taşından alınan karot numunelerin, döner disk ile alt ve üst yüzeyleri, birbirine paralel ve yan yüzeye dik olacak şekilde düzeltilmiştir. Karot numunelerin yan yüzeylerinde bir düzensizlik olmadığından, karot numunelerin yanal yüzeylerinde herhangi bir işlem yapılmamıştır. Bu şekilde deney için son şekli verilmiş olan karot numuneler, plastik torbalar içerisinde, deneyler yapılana kadar saklanmıştır.

5.2. Deneylerin Yapılması

Deneyler değişik şartlarda ve değişik amaçlar için, taban taşı, tavan taşı ve tahkimatın üzerinde kalan kömürden alınan karot numuneler üzerinde yapılmıştır.

5.2.1. Taban taşından alınan karot numunelerle yapılan deneyler.

Taban taşından alınan karot numunelerle, yeraltı şartlarında oluşabilecek gerilmeler ve bu gerilmelerin doğuracağı sonuçlar düşünülerek, tek eksenli basma dayanımı deneyleri yapılması yeterli görülmüştür. Yapılan tek eksenli basma dayanımı deneyleri sonucu, taban taşının tabakalanma düzlemine dik doğrultudaki, tek eksenli basma dayanımı ortalama $88,15 \text{ kg/cm}^2$ olarak bulunmuştur. Deney sonuçları Çizelge 8.4'de verilmiştir. Taban taşının tek eksenli basma dayanımının düşük çıkmasının sebebi, taban taşından alınan numunelerin çatlaklı ve kil içeriklerinin yüksek oluşlarından kaynaklanmaktadır.

Ayrıca taban taşında, " Tunçbilek Bölge Müdürlüğü Malzeme Araştırma Ve Kalite Kontrol Laboratuvarları"nda bölgede yapılan çeşitli sondajlardan alınan numunelerle yapılan tek eksenli basma dayanımı deneylerinden, taban taşının tek eksenli basma dayanımı tabakalanma düzlemine dik doğrultuda ortalama $192,86 \text{ kg/cm}^2$, Eksenel Elastisite Modülü (E) 20938 kgf/cm^2 , Poisson Oranı (ν) $0,462$ olarak

Çizelge 5.1. G.L.İ. Tunçbilek Bölge Müdürlüğü Laboratuvarlarında, taban taşı numuneleri üzerinde yapılan, tek eksenli basınç deneyi sonuçları

G L İ TUNCBİLEK BÖLGE MÜDÜRLÜĞÜ MALZEME ARAŞTIRMA VE KALİTE KONTROL LABORATUARLARI			MUAYENE ve DENEY RAPORU				Tarih : 27/06/1986 Rapor No : 25 İşlem Kod No : 86-M-74			
İşin Adı : Yeraltı Taban Tasının Tek Eksenli Basınç Deneyi Raporu (TS 2030)										
KUYU NO	MEVKİ	KARAKTER	ALINAN METRE	NUMUNE ÇAPI (mm)	NUMUNE BOYU (mm)	KISALMA MIKTARI (mm)	P Max. (Kgf)	GERİLİM ϵ _{Mak.} Kgf/Cm ²	EKSENEL ELASTİSİTE MODULU E (Kgf/Cm)	POISSON ORANI (ν)
2931-1	Ö 3 C	TABAN	202-206	84,20	191,00	2,300	10 480	188,30	17 969	-0,56
2931-2	Ö 3 C	TABAN	202-206	84,00	187,00	1,875	8850	159,00	15 625	-0,23
2929-1	Y-4	TABAN	140-144	85,00	197,00	2,250	10 440	184,10	18 478	-0,44
2933-31-1	Ö 3 C	TABAN	212-215,5	84,60	212,00	1,688	11 070	197,00	28 333	-0,40
2933-31-2	Ö 3 C	TABAN	212-215,5	83,80	210,00	2,250	12 910	235,90	24 286	-0,68

bulunmuştur. Bu sonuçlar Çizelge 5.1'de verilmiştir.

5.2.2. Tavan taşından alınan karot numunelerle yapılan deneyler

Tavan taşının yeraltı çalışma şartları göz önüne alınarak, tavan taşından alınan karot numunelerle, tek eksenli basma dayanımı ile, endirekt çekme dayanım deneyleri yapılmıştır.

Tavan taşından alınan karot numunelerle yapılan tek eksenli basma dayanım deneyleri sonucu, tavan taşının tabakalanma düzlemine dik doğrultudaki tek eksenli basma dayanımı ortalama $349,34 \text{ kg/cm}^2$ olarak bulunmuştur. Bu değerler Çizelge 8.3'de verilmiştir.

Tavan taşından alınan karot numunelerle yapılan endirekt çekme deneyi sonuçlarına göre, tavan taşının endirekt çekme deneyi ile bulunan çekme dayanımı ortalama $55,34 \text{ kg/cm}^2$ olarak bulunmuştur. Bu değerler Çizelge 8.6'da verilmiştir.

Ayrıca tavan taşında, " Tünçbilek Bölge Müdürlüğü Malzeme Araştırma Ve Kalite Kontrol Laboratuvarları"nda bölgede yapılan çeşitli sondajlardan alınan karot numunelerle yapılan tek eksenli basma dayanım deneylerinden, tavan taşının tek eksenli basma dayanımı ortalama $218,95 \text{ kg/cm}^2$, Eksenel Elastisite Modülü (E) 22574 kgf/cm^2 , Poisson Oranı (ν) 0,430 olarak bulunmuştur. Bu sonuçlar Çizelge 5.2'de verilmektedir.

5.2.3. Kömürden alınan karot numunelerle yapılan deneyler

Yeraltı çalışma şartlarında tavan kömürü üzerinde oluşabilecek gerilmeler göz önüne alınarak, tavan kömüründen alınan karot numunelerle tabakalanma düzlemine dik doğrultuda kuru ve ıslak (Numuneler 24 saat su içinde bekletildikten sonra) olarak tek eksenli basınç dayanımı deneyleri, endirekt çekme dayanımı deneyleri, model basınç kabında üç eksenli basınç dayanımı deneyleri ile, model basınç kabında

Çizelge 5.2. G.L.I. Tunçbilek Bölge Müdürlüğü Laboratuvarlarında, tavan taşı numuneleri üzerinde yapılan, tek eksenli basınç deneyi sonuçları

G L I TUNCBILEK BÖLGE MÜDÜRLÜĞÜ MALZEME ARASTIRMA VE KALITE KONTROL LABORATUARLARI			MUAYENE ve DENEY RAPORU				Tarih: 27/06 /1986 Rapor No: 25 İşlem Kod No: 86-M-74			
İsin Adı: Yeraltı Tavan Tasının Tek Eksenli Basınç Deneyi Raporu (TS 2030)										
KUYU NO	MEVKİ	KARAKTER	ALINAN METRE	NUMUNE CAPI (mm)	NUMUNE BOYU (mm)	KISALMA MIKTARI (mm)	P _{Max.} (Kgf)	GERİLİM ε _{Max.} Kgf/Cm ²	EKSENEL ELASTİSİTE MODÜLÜ E (Kgf/Cm)	POISSON ORANI (ν ²)
2926-25-1	Ö 5 B	TAVAN	138-141	85,00	207,00	2,250	14 820	261,30	32 140	-0,32
2926-25-2	Ö 5 B	TAVAN	138-141	84,00	209,00	2,500	13 790	189,70	25 000	-0,50
2926-25-3	Ö 5 B	TAVAN	138-141	85,00	212,00	3,125	14 600	257,40	26 755	-0,37
2933-31-1	Ö 3 C	TAVAN	201-204	85,00	212,00	3,440	11 950	210,70	12 500	-0,35
2933-31-2	Ö 3 C	TAVAN	201-204	85,25	209,50	3,125	10 900	192,70	16 667	-0,42
2933-31-3	Ö 3 C	TAVAN	201-204	85,00	217,50	2,875	11 630	205,00	15 625	-0,39
2928-28-1	Y-4	TAVAN	120-124	85,30	206,00	2,125	15 830	332,98	39 229	-0,52
2931-33-1	Ö 3 C	TAVAN	188-191	83,60	193,00	2,063	9 260	170,40	17 750	-0,50
2931-33-2	Ö 3 C	TAVAN	188-191	84,60	207,50	1,750	8 330	150,40	17 500	-0,51

değişik basınçlardaki suyun kömürün dayanımı üzerindeki etkisini belirleyebilmek amacıyla basınçlı su deneyleri yapılmıştır.

5.2.3.1. Tavan kömüründen alınan karot numunelerle yapılan tek eksenli basma dayanımı deneyleri

Tavan kömüründen alınan karot numunelerle tabakalanma düzlemine dik doğrultuda kuru ■ numuneler 24 saat su içinde bekletildikten sonra (ıslak olarak), tek eksenli basma dayanımı deneyleri yapılmıştır.

Yapılan bu deneyler sonucu, tavan kömüründen alınan karot numunelerin kuru olarak tabakalanma düzlemine dik doğrultudaki tek eksenli basınç dayanımı ortalama 100,21 kg/cm² olarak bulunmuştur. Deney sonuçları Çizelge 8.1'de verilmektedir.

Tavan kömüründen alınan karot numunelerle tabakalanma düzlemine dik doğrultuda ve 24 saat su içinde bekletildikten sonra (ıslak olarak) yapılan deneyler sonucu bulunan tek eksenli basınç dayanımı ortalama 71,18 kg/cm² olarak bulunmuştur. Deney sonuçları Çizelge 8.2'de verilmiştir.

Yapılan bu deney sonuçlarından, tavan kömürünün 24 saat su içinde bekletildikten sonra, tabakalanma düzlemine dik doğrultudaki tek eksenli basınç dayanımının kuru kömüre göre %29 oranında düştüğü görülmektedir. Bu durum bize suyun kömürün mekanik dayanımı üzerindeki etkisinin oldukça fazla olduğunu göstermektedir.

5.2.3.2. Tavan kömüründen alınan karot numunelerle yapılan endirekt çekme dayanımı deneyleri

Tavan kömüründen alınan karot numunelerle yapılan endirekt çekme deneyleri ile bulunan çekme dayanımı ortalama 21,37 kg/cm² olarak bulunmuştur. Deney sonuçları Çizelge 8.5'de verilmiştir. Yine İdame Ocağında 36-A Panodan alınan tavan kömürü numuneleriyle yapılan giriş nokta yükleme

deneyi ile bulunan çekme dayanımı ortalama $32,16 \text{ kg/cm}^2$ olarak bulunmuştur (Öztürk, 1986).

5.2.3.3. Tavan kömüründen alınan karot numunelerle basınç kabında yapılan deneyler

Değişik basınçlardaki suyun kömür dayanımı üzerindeki etkisini belirleyebilmek model basınç kabı imal edilmiştir (Şekil 5.1). Basınç kabının imalinden amaç, basınçlı su enjeksiyonu sırasında oluşan yeraltı şartlarının modelleştirilmesidir.

İmal edilen basınç kabı iki ayrı silindirden oluşmakta ve her silindirde ayrı ayrı birer piston bulunmaktadır. Silindirler birbirlerine yüksek basınca dayanıklı hortum ile bağlanmıştır. Ayrıca her silindir gövdesinin alt kısmında, deney sırasında silindirler içerisinde kalan havanın tahliyesi amacıyla hava tahliye vidaları bulunmaktadır.

Model basınç kabı bileşik kaplar prensibine göre çalışmakta olup, çalışma sistemi şöyledir : Deney sırasında basınç kabının silindirleri, üzerinde pistonları takılı hade iki ayrı pres altında çalışmaktadır. Silindirlerden birinde deney yapılacak karot numune, diğerinde ise, su bulunmaktadır. İçerisinde karot numune bulunan silindirin pistonu pres ile hareket ettirilip numune üzerine tatlı bir şekilde oturtulduktan sonra, veya numune üzerine verilmesi istenen baskı verildikten sonra, bu silindirin bulunduğu pres sabitlenir. Diğer silindir içerisine ise, serbest halde su doldurulur. Daha sonra silindirin pistonu silindir içerisine pres altında baskı verilmek suretiyle yerleştirilir. Sonra hava tahliye vidaları yardımıyla sistemin havası alınır. Presin manometresinden suya uygulanan basınç gözlenmek suretiyle, prese baskı verilerek suyun basıncı istenilen şekilde ayarlanır. Böylece içerisinde su bulunan silindirin pistonunu presin hareket ettirmesiyle, birinci silindir içerisinde basıncı yükseltile su, bağlantı hortumu vasıtasıyla içerisinde karot numune bulunan

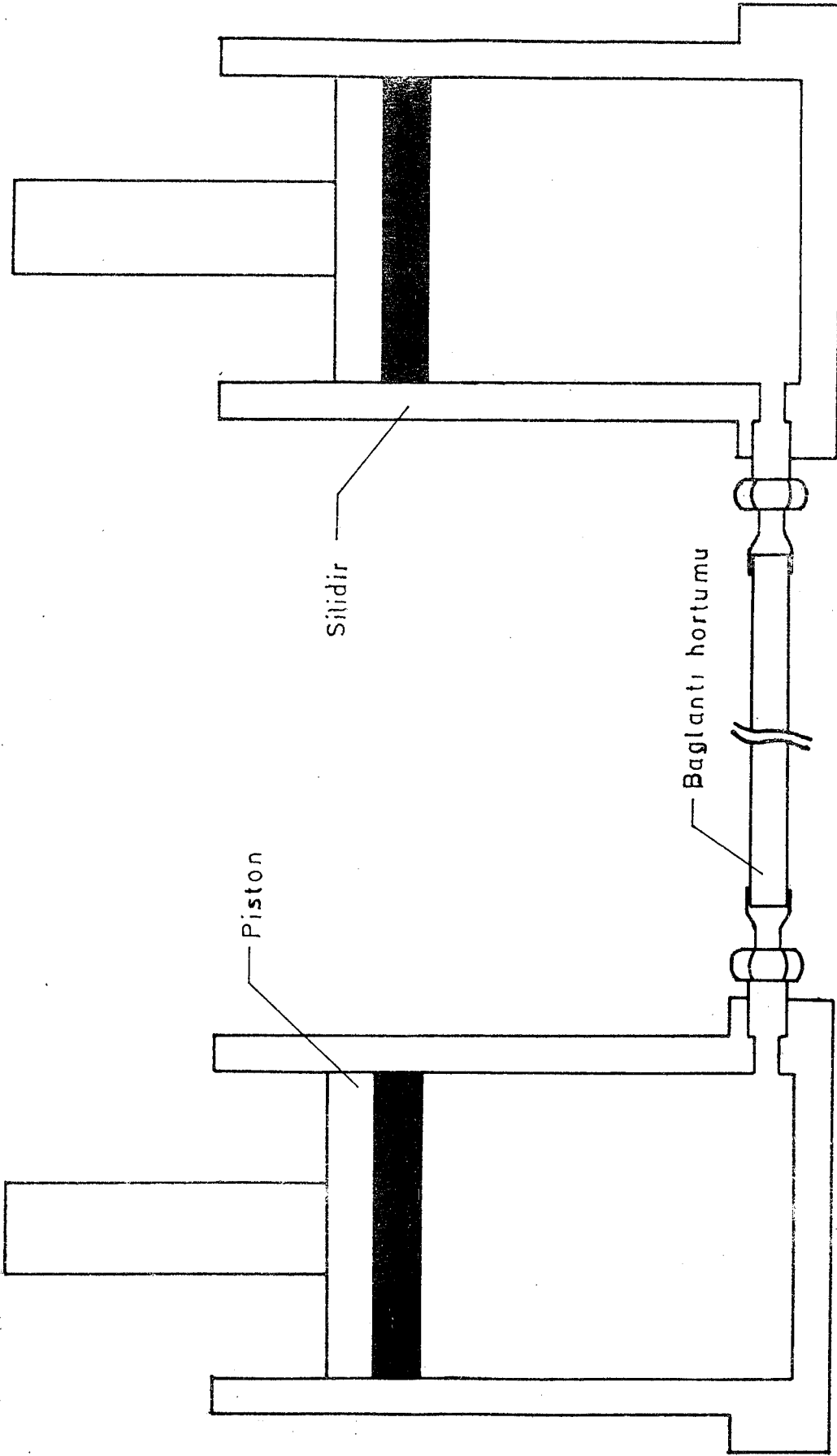
ikinci silindire iletilmektedir. Basıncılı su, ikinci silindirdeki karot numune üzerindeki etkisini gösterdikten sonra, karot numune silindir içerisinde ve değişik yanıl su basınçlarında kırılmaktadır.

Basıncı kabının genel özellikleri:

Silindir iç çapı	: 74 mm.
Silindir dış çapı	: 100 mm.
Silindir boyu	: 200 mm.
Piston hareket boyu	: 150 mm.
Piston çapı	: 74 mm.
Hortum boyu	: 2000 mm.
Çalışma basıncı	: 250 kg/cm ² .

Tavan kömüründen alınan karot numunelerle, model basınç kabında 0,00 , 25,00 , 50,00 , 75,00 kg/cm² yanıl su basınçlarında üç eksenli basınç deneyleri yapılmıştır. Yapılan bu deneyler sonucu, numunelerin üç eksenli basınç dayanımları sırasıyla, 120,52 kg/cm² , 240,30 kg/cm² , 362,00 kg/cm² , ve 485,13 kg/cm² olarak bulunmuştur. Deney sonuçları çizelge 8.7'de verilmektedir.

Basıncı kabında yapılan üç eksenli deneyler, standart üç eksenli deneylerden farklılık göstermektedir. Standart üç eksenli deneylerde, numune üzerine yanıl basınç plastik kılıf üzerinden uygulanmaktadır. Model basınç kabında yapılan üç eksenli deneylerde ise, yanıl basınç su ile temas halindeki numune üzerine doğrudan doğruya su tarafından uygulanmaktadır. Bu durumda su, numune üzerine hem yanıl basınç uygulamakta, hem de karot numunenin kırık-çatlak sistemlerinden ve tabakalanma düzlemlerinden karot numune içine enjekte olarak, karot numunenin mekanik özelliklerini etkilemektedir. Yapılan üç eksenli deneylerde, kap içerisindeki yanıl basınç karot numunenin kırılması sırasında artmaktadır. Karot numunenin kırılması sırasında kap içerisindeki yanıl basıncın sabit tutulabilmesi, altında su



Şekil 5.1 : Model Basınç Kabı

dolu silindirin bulunduğu presin pistonunu geriye doğru boşa alarak ayarlamak suretiyle sağlanmıştır.

Tunçbilek Bölgesi İdame Ocağı'nda üretim derinliği ortalama 150 m. civarındadır. Bu şartlarda hesaplanan yanal basınç ortalama 30 kg/cm^2 dir. Bu durum göz önüne alınarak deney kabında 30 kg/cm^2 yanal basınçta deneyler yapılmıştır. Yapılan bu deneyler sonucu kömürden alınan karot numunelerin üç eksenli basınç dayanımı ortalama $363,13 \text{ kg/cm}^2$ olarak bulunmuştur. Bu deney sonuçları Çizelge 8.8'de verilmektedir.

Deney kabında değişik basınçlarda kömür içerisine enjekte edilen suyun, 30 kg/cm^2 yanal basınç altında (Yeraltı yanal basınç şartlarında), kömür dayanımı üzerindeki etkilerini gözleyebilmek amacıyla de deneyler yapılmıştır.

Tavan kömüründen alınan karot numuneler, basınç kabında 100 kg/cm^2 su basıncında 5 dakika süre ile tutulmuş ve basınç altındaki suyun karot numune üzerine etkisi sağlanmıştır. Daha sonra kap içerisindeki su basıncı 30 kg/cm^2 ye düşürülmüş ve numuneler kap içerisinde 30 kg/cm^2 yanal su basıncında kırılmıştır. Bu şartlarda yapılan deneyler sonucu, tavan kömürünün üç eksenli basınç dayanımı ortalama $292,30 \text{ kg/cm}^2$ olarak bulunmuştur. Deney sonuçları çizelge 8.9'da verilmiştir.

Ayrıca tavan kömüründen alınan karot numuneler, basınç kabında 200 kg/cm^2 su basıncında 5 dakika süre ile tutulmuş ve suyun karot numune üzerine etkisi sağlanmıştır. Daha sonra kap içerisindeki su basıncı 30 kg/cm^2 ye düşürülmüş ve numuneler basınç kabında 30 kg/cm^2 yanal su basıncında üç eksenli basınç deneylerine tabi tutulmuştur. Yapılan bu deneyler sonucu tavan kömürünün üç eksenli basınç dayanımı ortalama $207,30 \text{ kg/cm}^2$ olarak bulunmuştur. Bu değerler Çizelge 8.10'da verilmiştir.

Değişik şartlarda ve 30 kg/cm^2 yanal su basıncı altında, yapılan deney sonuçlarından da görüleceği üzere, basınçlı suyun kömürün üç eksenli basınç dayanımı üzerindeki etki-

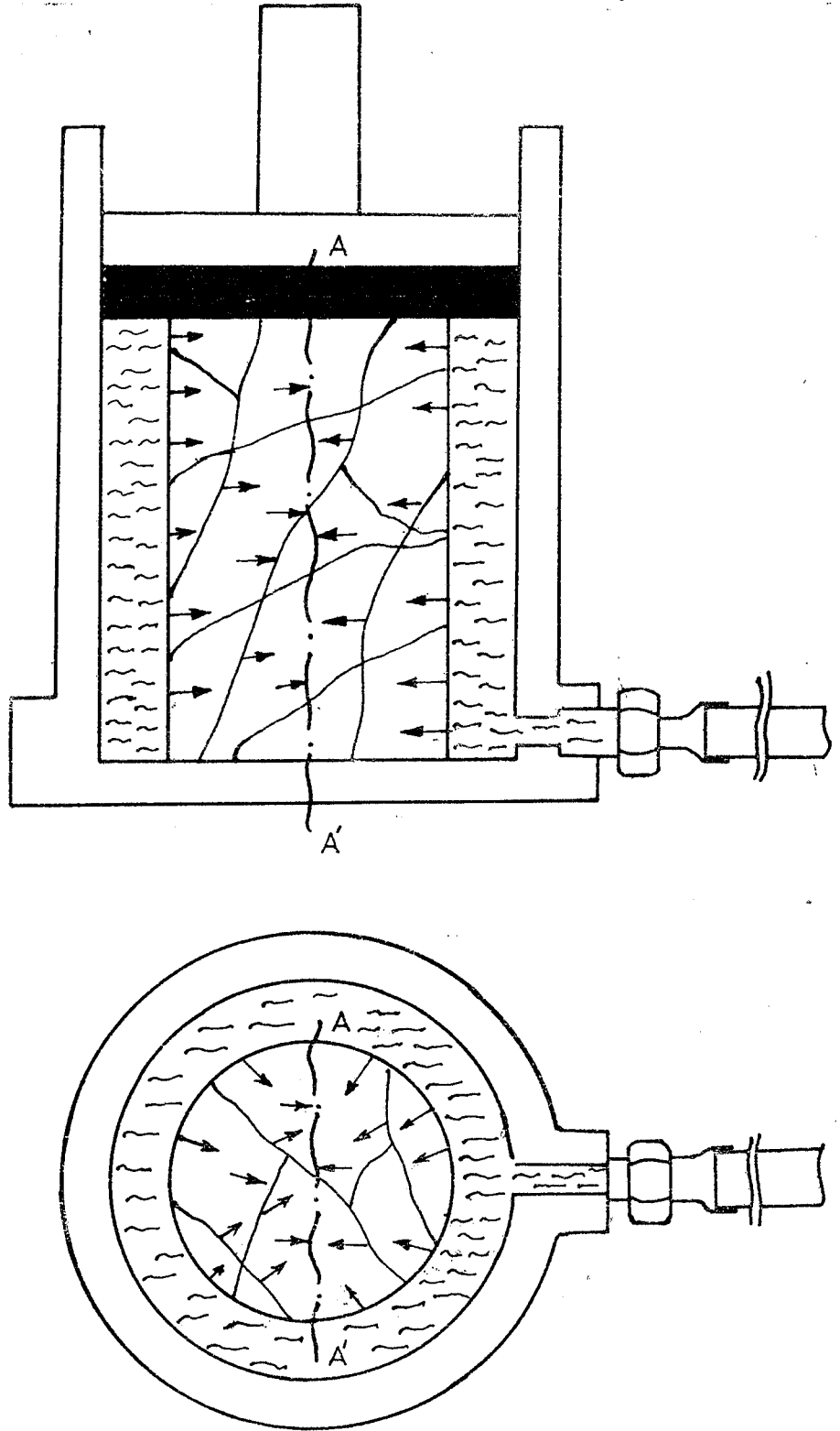
si oldukça fazla olmaktadır. Tavan kömürünün 30 kg/cm^2 yanal su basıncı altında üç eksenli basınç dayanımındaki düşme, 100 kg/cm^2 su basıncı uygulandıktan sonra % 19,5, 200 kg/cm^2 su basıncı uygulandıktan sonra ise % 42,9 olmuştur.

Ayrıca, tavan kömüründen alınan karot numuneler basınç kabında 200 kg/cm^2 su basıncı altında 5 dakika süre ile tutulmuş ve suyun karot numune üzerine etki etmesi sağlanmıştır. Daha sonra kap içerisindeki basınç (yanal basınç) ortadan kaldırılarak (sıfıra düşürülerek), numunelerle basınç kabı içerisinde tek eksenli basınç dayanımı deneyleri yapılmıştır. Yapılan bu deneyler sonucu tavan kömürünün tek eksenli basınç dayanımı ortalama $49,54 \text{ kg/cm}^2$ olarak bulunmuştur. Bu deney sonuçları Çizelge 8.11'de verilmiştir.

Bu deney sonuçlarına göre, tavan kömüründen alınan karot numuneler üzerine 200 kg/cm^2 lik su basıncı 5 dakika süre ile uygulandıktan sonra, tavan kömürünün tek eksenli basınç dayanımı ortalama %51 oranında düşmüştür. Bu sonuçlar bize, basınçlı suyun kömürün tek eksenli basınç dayanımı üzerindeki etkisinin oldukça fazla olduğunu göstermektedir.

5.3. Model Basınç Kabında Suyun Karot Numuneye Etkisi

Model basınç kabında basınç altındaki suyun karot numuneyi etkilemesi, yeraltı şartlarında yapılacak basınçlı su enjeksiyonu işlemine göre ters olmaktadır. Yeraltı şartlarında, delinen delikler içerisinden yapılacak basınçlı su enjeksiyonunda, enjeksiyon yapılan delik içerisinde yüksek basınçlı bir bölge oluşmaktadır. Basınçlı su enjeksiyonu sırasında delikten uzaklaştıkça, serbest bölge olarak tanımlayabileceğimiz bölgeye doğru bütün delik çevresi boyunca geçilmektedir. Delik içerisinde basınç altındaki su, yüksek basınçlı bölgeden düşük basınçlı bölgelere doğru (delik içinden delik civarına doğru), kömürdeki kırık-çatlak sistemleri, tabakalanma ve klivaj düzlemleri ile diğer zayıflık düzlemleri boyunca enjekte olmaktadır.



Şekil 5.2 : Model basınç kabında suyun karot numune üzerine etkisi.

Model basınç kabında ise, kap içerisindeki karot numune edrafında basınç altındaki su yüksek basınçlı bir bölge oluşturmaktadır. Karot numune içerisinde ise, deney başlangıcındaki basınç sıfırdır. Deney kabı içerisinde basınç altındaki su, basıncın etkisiyle karot numunenin kırık çatlak sistemleri, tabakalanma ve klivaj düzlemleri ile diğer zayıflık düzlemleri boyunca enjekte olarak, karot numune içerisinde de basınç artışı yaratacaktır. Deney kabı içerisinde basınç altındaki suyun, karot numune içerisine enjekte olmasıyla, bütün çevresi boyunca karot numune içerisindeki basınçlar A-A' gibi hayali bir düzlemde dengeye erişecektir(Şekil 5.2). Sonuçta, karot numune içerisinde oluşan A-A' düzleminin her iki tarafındaki su zerreciklerinin aldıkları yolların toplamı, yeraltı şartlarında yapılacak basınçlı su enjeksiyonu esnasında, basınçlı su enjeksiyonundan etkilenme bölgesi içinde, bir yöndeki su zerreciklerinin aldıkları yola eşit olmaktadır.

Sonuçta, kömürün basınçlı su enjeksiyonundan etkilenmesi, yeraltı enjeksiyon şartlarında ve model basınç kabında aynı şekilde olmaktadır. Model basınç kabında yapılan deneyler, basınçlı su enjeksiyonu sırasında oluşan yeraltı şartlarını ideal bir şekilde modelleştirmektedir. Bu şartlarda model basınç kabında yapılan deneylerden elde edilen sonuçlar, yeraltı şartlarında yapılacak deney sonuçlarına uygun olacaktır.

6. KÖMÜR VE TAVAN TAŞINDA YAPILAN GÖZLEM VE ÖLÇÜMLER

6.1. Kömür İle İlgili Gözlem Ve Ölçümler

1. Kömürün tek eksenli basınç dayanımı: Tavan kömüründen alınan karot numunelerle yapılan deneyler sonucu, kömürün tek eksenli basınç dayanımı, tabakalanma düzlemine dik doğrultuda ortalama $100,21 \text{ kg/cm}^2$ olarak bulunmuştur.

2. Teorik R.Q.D değerinin tespiti: 45-A Pano nakliyat yolunda (Motor başı yolu) yapılan incelemede 13 metre mesafede 146 adet çatlak tespit edilmiştir. Yine aynı galerinin diğer tarafında yapılan gözlem ve ölçümler sonucu 8 metre mesafede 95 adet çatlak tespit edilmiştir.

Buna göre teorik R.Q.D :

$$\text{R.Q.D.} = 100 e^{(0,1 \lambda + 1)}$$

Teorik

λ : 1 metre uzunluktaki çatlak sayısı

$$\lambda_1 = \frac{146}{13} = 11,230$$

$$\lambda_2 = \frac{95}{8} = 11,875$$

$$X_{\text{Ort.}} = \frac{\lambda_1 + \lambda_2}{2} = \frac{11,230 + 11,875}{2} = 11,55 \text{ Adet}$$

$$X_{\text{Ort.}} = 11,55 \text{ Adet çatlak}$$

$$\text{R.Q.D.} = 100 e^{(0,1 X 11,55 + 1)}$$

Teorik

$$\text{R.Q.D.} = 31,49 (2,155) = 67,86$$

Teorik

$$\text{R.Q.D.} = 67,86$$

Teorik

3. Eklemler arası mesafe: Birinci ölçümde 45-A Pano nakliyat yolunda 13 metre mesafede 146 adet çatlak tespit edilmiştir. Buna göre çatlaklar arası mesafe (L_1) :

$$L_1 = \frac{1300}{146} = 89 \text{ mm.}$$

Aynı galeride ikinci ölçümde 8 metre mesafede 95 adet çatlak tespit edilmiştir. Buna göre çatlaklar arası mesafe (L_2) ise :

$$L_2 = \frac{8000}{95} = 84,2 \text{ mm.}$$

Çatlaklar arası ortalama mesafe ($L_{\text{ort.}}$) ise,

$$L_{\text{ort}} = \frac{L_1 + L_2}{2}$$

$$L_{\text{ort.}} = \frac{89 + 84,2}{2} = 86,6 \text{ mm.}$$

Çatlaklar arası mesafe (L_{ort}) : 86,6 mm.

4. Eklemlerin durumu : Yerinde yapılan gözlem ve incelemeler sonucu, eklemler arasında dolgu olmadığı (eklemlerin açık olduğu) görülmüştür. Eklemler arası mesafe 1-3 mm. arasında değişmektedir. Eklem eğimlerinin ayak ilerleme yönüne göre ters yönlü ve görünür eğimlerinin yatayla 16-18⁰lik açılar yaptıkları gözlenmiştir.

5. Yeraltı suyu durumu : Galerilerde ve ayaklarda yapılan gözlemlerde yeraltı su geliri olmadığı görülmüştür.

6.1.1. Tavan kömürünün kaya mekaniği açısından sınıflandırılması

Sınıflandırma yöntemi olarak BIENIAWSKI'nin (CSIR) kaya kütle sınıflandırması yöntemi kullanılmıştır.

<u>Sınıflandırma Parametresi</u>	<u>Değer</u>	<u>Derece</u>
1. Kömürün Tek Eksenli Basınç Dayanımı	10,02 MPa	2
2. R.Q.D	% 67,86	13

Çizelge 6.1 CSIR Kaya kütle sınıflandırmasına göre, eklemli kaya kütlelerinin jeomekanik sınıflandırması

A SINIFLANDIRMA PARAMETRELERİ VE DERECELERİ

1	Saglam kayanın mukavemeti	Alt-yük mukavemeti	> 8 MPa	4-8 MPa	2-4 MPa	1-2 MPa	Yüklenmesi tek eksenli basınç deneyine katılan		
		Tek eksenli basınç mukavemeti	> 200 MPa	100-200 MPa	50-100 MPa	25-50 MPa	10-25 MPa	3-10 MPa	1-3 MPa
	Derecelendirme		15	12	7	4	2	1	0
2	Sondaj Karot Kalitesi RQD	% 90-% 100	% 75-% 90	% 50-% 75	% 25-% 50	< % 25			
	Derecelendirme	20	17	13	8	3			
3	Eklemelerin sıklığı	> 3m	1-3m	0,3-1m	50-300mm	< 50 mm			
	Derecelendirme	30	25	20	10	5			
4	Eklemelerin Durumu	Cok kaba yüzler Surskli değil Ayrılma yok Eklemli sert duvar kayası	Az kaba yüzler Ayrım <1mm Eklemli sert duvar kayası	Az kaba yüzler Ayrım <1mm Eklemli yumusak duvar kayası	Sürtünme izli yüzler veya fay kili <5mm veya 1-5mm açık eklem-ler sürekli eklem-ler	Yumusak fay kili >5mm kalınlık veya açık eklem-ler >5mm sürekli eklem-ler			
	Derecelendirme	25	20	12	6	0			
5	Yeraltı suyu	Tünelin 10 m lik kısmından geçen su	Yok		<25 litre/dak	25-125 litre/dak.	>125 litre/dak.		
		Eklemdeki su basıncı Ana asal gerilme	0		0,0-0,2	0,2-0,5	>0,5		
	Genel Koşullar	Tamamen kuru		veya Yalnızca nemli (kırıklardaki su)	veya Orta basınç altında su	veya Önemli su problemleri			
	Derecelendirme	10		7	4	0			

B. EKLEM YÖNLENİMİNE GÖRE DÜZELTME

Eklemilerin doğrultu ve eğim yönlenimi		Çok iyi	İyi	Orta	Kötü	Çok kötü
Derecelendirme	Tüneliler	0	-2	-5	-10	-12
	Temeller	0	-2	-7	-15	-25
	Yamaçlar	0	-5	-25	-50	-60

C. KAYA SINIFLAMALARI ve DERECELERİ

Sınıflama No	I	II	III	IV	V
Tanımlama	Çok iyi kaya	İyi kaya	Orta kaya	Zayıf kaya	Çok zayıf kaya
Derecelendirme	100—90	90—70	70—50	50—25	<25

D. KAYA SINIFLAMA YORUMLARI

Sınıflama No.	I	II	III	IV	V
Ortalama dayanma süresi	5m. açılımda 10 yıl	4m. açılımda 6 ay	2m. açılımda 1 hafta	1,5m. açılımda 5 saat	0,5m. açılımda 10 dakika
Kaya kütlelerinin kohezyonu	>300 kPa	200-300 kPa	150- kPa	100-150 kPa	<100 kPa
Kaya kütlelerinin sürtünme açısı	> 45°	40°-45°	35°-40°	30°-35°	< 30°
Cevherin kazılabilirliği	Çok zayıf	Kolaylıkla büyük parçalar çıkarılır	Orta	Kolaylıkla kazılır iyi parçalanma	Çok iyi

Çizelge 6.2 Tünellerde eklem doğrultusu ve eğim yönlenmesinin etkisi

Tünel eksenine dik doğrultu				Tünel eksenine paralel doğrultu		Doğrultuya bakılmaksızın eğim 0°-20°
Eğim yönünde açım		Eğime dik açım				
Eğim 45°-90°	Eğim 20°-45°	Eğim 45°-90°	Eğim 20°-45°	Eğim 45°-90°	Eğim 20°-45°	
Çok uygun	Uygun	Orta	Uygun değil	Çok kötü	Orta	Uygun değil

3. Eklemler Arası Mesafe	86,6 mm.	10
4. Eklemlerin Durumu	Açık 1-3 mm.	6
5. Yeraltı Su Geliri	Yok	10
		<hr/> 41

Eklemlerin eğim yönleri dikkate alınarak, eklemlerin yönlenmesinin uygun olmadığı ve değerinin -10 olduğu Çizelge 6,1-B den görülmektedir.

Buna göre toplam derecelendirme,
Toplam Derecelendirme: $41-10=31$ olur
Çizelge 6,1-C den bu derecelendirmeye göre kömürün "Zayıf Kayaç" sınıfına girdiği görülür.

Çizelge 6,1-D den kömür içinde sürülecek bir galerinin 1,5 metre açıklık için, tahkimatsız olarak ayakta durma zamanının 5 saat olduğu görülmektedir. Aynı tablodan kömürün iç sürtünme açısının $30-35^{\circ}$ olduğu görülmektedir.

Bu sonuç bizi tavan kömürünün oldukça kolay kırılacağı varsayımına götürmekle birlikte, gerçekte durum farklıdır. Ayak arkasının göçertilmesi esnasında, tavan kömürü ayak arkasında 5,5-6 metre kalınlığında rijit bir blok olarak Konsol Kiriş gibi çalıştığından, ayak arkasında tavan kömürünün kırılması her zaman tam olarak gerçekleşmemektedir.

6.2. Tavan Taşı İle İlgili Gözlem Ve Ölçümler

1. Tavan taşının tek eksenli basınç dayanımı: Tavan taşından alınan karot numunelerle yapılan deneyler sonucu, tavan taşının tek eksenli basınç dayanımı ortalama $349,34 \text{ kg/cm}^2$ ($34,934 \text{ MPa}$) olarak bulunmuştur.

2. Teorik R.Q.D değeri: Tavan taşı içinde yapılan ölçümlerde birim metredeki ortalama çatlak sayısı: 9,2 olarak bulunmuştur.

Buna göre teorik R.Q.D,

$$R.Q.D = 100 e^{-0,1 \lambda} \quad (0,1 \lambda + 1)$$

Teorik

$$R.Q.D = 100 e^{-0,1(9,2)} \quad (0,1 \times 9,2 + 1)$$

Teorik

$$R.Q.D = 100 \times 0,3985 (1,92) = 76,51$$

Teorik

$$R.Q.D = 76,51$$

Teorik

3. Eklemler arası mesafe: Birim metredeki çatlak sayısı (Bir metredeki çatlak sayısı) ortalama 9,2 olduğuna göre, eklemler arası mesafe (L):

$$L = \frac{1000}{9,2} = 108,7 \text{ mm.}$$

4. Eklemlerin durumu: Eklemlerin görünür eğimleri galeri ilerleme yönünde ve eğimleri 20-45° arasında değişmektedir. Eklemler arasında dolgu olmayıp, eklemler arası mesafe 1-4 mm. arasında değişmektedir.

5. Yeraltı suyu durumu: Yapılan gözlemlerde yeraltı suyu geliri olmadığı görülmüştür.

6.2.1. Tavan taşının kaya mekaniği açısından sınıflandırılması

Sınıflandırma yöntemi olarak BIENIAWSKI' nin (CSIR) kaya kütle sınıflandırma yöntemi kullanılmıştır.

<u>Sınıflandırma Parametresi</u>	<u>Değer</u>	<u>Derece</u>
1. Tavan Taşının Tek Eksenli Basınç Dayanımı	34,9 MPa	4

2. R.Q.D	% 76,51	17
3. Eklemler Arası Mesafe	108,7 mm.	10
4. Eklemlerin Durumu	Açık 1-4 mm.	6
5. Yeraltı Suyu Geliri	Yok	10

47

Eklemlerin eğim yönleri dikkate alınarak, eklemlerin yönlenmesinin uygun olup değerinin -2 olduğu Çizelge 6,1-B den görülmektedir.

Buna göre toplam derecelendirme,

Toplam Derecelendirme: $47-2=45$ olur.

Çizelge 6,1-C den bu derecelendirmeye göre, Tavan taşının "~~Zayıf~~ Kalitede Kayaç" sınıfına girdiği görülür.

Tavan taşı kömüre oranla daha sağlam olmakla beraber, ayak arkasının göçertilmesi esnasında, çatlaklı ve kırılğan yapısı nedeniyle ayak arkasında genellikle kömürle birlikte aynı anda göçmektedir.

6.3. Ayaklarda Taş Karışma Oranı Ve Kömür Kaybına Yönelik Gözlemler.

Gözlemler 45-A Panodaki ayaklarda yapılmıştır. Yaklaşık 60-75 metre uzunluğunda olan bu ayaklarda damar kalınlığı ortalama 8 metredir. Bu panodaki ayaklar taban ayak olarak çalışmaktadır.

Yapılan gözlemlerde arka kömürünün alınmasında şu işlemler yapılmaktadır.

- Arka tahkimatının sökümü
- Arka kömürünün göçertilmesi
- Göçertilten arka kömürünün ayak arkasından çekilmesi

Ayaklarda arka sıra tahkimatının sökümünden sonra, tahkimatın üstünde kalan kömürün bir kısmı kendiliğinden göçmektedir. Göçmeyen ve askıda kalan kısımların ise lağım atma yoluyla göçertilmesine çalışılmaktadır. Tavan kömürünün göçmemesinin ve ayak arkasında askıda kalmasının en önemli nedeni, daha önceden tavan kömürü üzerinde herhangi bir gevşetme işlemi yapılmamış olmasıdır. Dolayısıyla, bakir olan damarın bu kısmı, yerçekimi etkisi ve ayak içinde yapılan birtakım müdahalelerle (lağım atma, sivriçleme gibi) dahi tamamen göçmemekte veya tavan taşı ile birlikte göçmektedir. Örneğin lağım atılmasına rağmen askıda kalan kömürün çok azı göçerilebilmektedir. Ayak içi emniyeti yönünden, göçmeyen bu kısımların herşeye rağmen göçertilmeye çalışılması çok tehlikeli olduğundan, bu kısımlar göçükte zayıf olarak kalmaktadır. Tavan kömürünün göçertilmesi esnasında genellikle askıda kalan kömür, tavan taşı ile birlikte göçerek, göçen tavan taşı ayak arkasında göçertilebilen kömürün önünü de kapatmaktadır. Böylece göçertilebilen kömürün bir kısmı da, ayak arkasında göçükte göçen tavan taşı tarafından hapsedilmektedir. Yukarıda belirtilen sebeplerden, kömür kayıplarının oranı tavan kömüründe (Tahkimatın üstünde kalan kömürde) % 40-50 lere kadar çıkabilmektedir.

Tahkimatın üstünde kalan kömürün gevşek, çok çatlaklı ve kırıklı olduğu durumlarda kömür, daha rahat bir şekilde göçebilmektedir. Fakat göçen kömür ile birlikte tavan taşının da göçmesi, kömürün ayak arkasından alınmasını önlemektedir. Tavan taşının yoğunluğunun kömürün yoğunluğuna nazaran fazla olması nedeniyle kömürle birlikte göçen tavan taşı, ayak içinden ayak arkasındaki kömüre müdahale edilen boşlukları (pencereleri) kapatmakta ve göçen kömür de ayak arkasında göçükte hapis olmaktadır.

Gözlenen diğer bir husus ise, arka sıra tahkimatının sökümünden sonra, tahkimatın üstünde kalan kırılabilen kömürün hemen göçtüğü ve tahkimatın üzerine gelen yüklerin fazlalaştığıdır. Böyle durumlarda özellikle arka sıra tahkimatının duraylılığı bozulmaktadır. Ayak içi tahkimatının

aşırı yüklendiği ve bozulduğu bu durumlarda, hem ayak içi emniyeti azalmakta, hem de arka kömürünün alınması güçleşerek kömür kazanma oranı düşmektedir.

Ayaklarda arka kömürünün alınması işlemi, bütün ayak boyunca bir vardiyada yapılamamaktadır. Yani bir ayakta aynı vardiyada kazı, delme-patlatma, tahkimat ve arka kömürünün alınması gibi işlemler ayağın değişik bölümlerinde aynı vardiyada yapılmaktadır. Bu çalışma sistemi, tavan kömürünün göçmesini büyük oranda olumsuz yönde etkilemekte ve ayak arkası verimini düşürmektedir.

Sonuç olarak ayaklarda kömür kaybına neden olan genel hususları aşağıdaki gibi belirtebiliriz.

a) Jeomekanik özelliklerinin farklı olmasından dolayı tavan kömürünün bütün ayak boyunca düzgün olarak göçertilememesi

b) Tavan kömürünün askıda kalarak göçmemesi

c) Ayak içi emniyetinin azalması sonucu, göçertilebilen tavan kömürünün çok azının alınabilmesi.

d) Arka kömürünün ayak arkasından alınması işleminin bütün ayak boyunca bir vardiyada yapılamaması

e) Ayak ilerleme hızının düşük olması ve tahkimatın tekniğine uygun olarak yapılamaması nedeniyle, ayaklarda zamana bağlı olarak konverjansın artması ve tahkimatın bozulması

f) Göçükten yuvarlanarak gelen büyük boyutlu tavan taşlarının ayak arkasını kapatarak ayak arkasından kömürün alınabilme oranının düşmesi.

g) Kuyruk ve sabit yollarının (tabanyollarının) üzerindeki kömürün bir kısmının alınabilmesi.

h) Ayak içinde iş organizasyonunun yeterince sağlanamaması.

Yukarıdaki nedenlere bağlı olarak meydana gelen ayak arkası kömür kayıpları hakkında kesin bir oran vermek müm-

kün değildir. Fakat genel bir oran vermek gerekirse, kömür kaybının tavan kömüründe (Ayak arkasından göçertilerek alınan kömürde) % 40-50 civarında olduğu tahmin edilmektedir. Tavan taşının karışma oranı ise % 40 civarındadır.

7. KÖMÜRE TAŞ KARIŞMA ORANININ ETÜDÜ

7.1. 1985 Yılı Kasım Ayı Üretim Miktarlarına Göre Taş Karışma Oranının Belirlenmesi

Bölgenin kendi imkanlarıyla 1-30/11/1985 tarihleri arasında yaptığı bu etüd çalışmaları aşağıda verilmiştir.

Tüm kömürler analiz sırasında tane serbestliğini eşit tutabilmek için 18 mm. lik kırıcıdan geçirilmiştir.

Fiili Durum:

Çalışılan gün sayısı: 30

Çalışılan vardiya sayısı: 90

Aylık ilerleme miktarı: 14 m.

Aylık üretim (Kantar değeri).....: 14752 Ton

Kimyasal Analiz Sonuçları,

Stamp kelebelerinden 3 ayrı numune alınarak komple analiz yapılmıştır. (Çizelge 7,1)

Bunlar,

a) 0,00-2,00 m. (Taban taşından 2 m. yüksekliğe kadar)

b) + 2,00 m. (2 m. yükseklikten tavan taşına kadar)

c) Komple

Numuneler o ayki ilerlemeye en yakın stamp kelebelerinden alınmıştır.

Fiili değerleri tespit etmek amacıyla haftada en az iki kez aşağıdaki numuneler alınmıştır.

a) Aynadan 10'ar metre aralıklarla dilim halinde alınan ayna numunesi

b) Ayak panzeri yerinden sadece arka kömürünün geçtiği anlarda alınan arka numunesi

c) Ayaklarda hem ayna, hem arka çalışması olan var-diyalarda alınan komple numuneler.

Çizelge 7.1 Pilot Klasik Ayakta Açılan Stamp Kelebelerinin Analiz Sonuçları.

a) 1 Nolu stamp kelebesi:

<u>Kömür Kesiti</u> (cm)	<u>Kömür Oranı</u> (%)	<u>Yoğunluk</u> (gr/cm ³)	<u>Damar Kal.</u> (m)
0,00-200	58,9		
+ 200	67,5		
Komple	62,9	1,41	6,40

b) 2 Nolu stamp kelebesi:

<u>Kömür Kesiti</u> (cm)	<u>Kömür Oranı</u> (%)	<u>Yoğunluk</u> (gr/cm ³)	<u>Damar Kal.</u> (m)
0,00-200	59,2		
+ 200	76,3		
Komple	69,5	1,44	8,55

c) 3 Nolu stamp kelebesi:

<u>Kömür Kesiti</u> (cm)	<u>Kömür Oranı</u> (%)	<u>Yoğunluk</u> (gr/cm ³)	<u>Damar Kal.</u> (m)
0,00-200	77,3		
+ 200	62,6		
Komple	69,5	1,41	4,80

d) 4 Nolu stamp kelebesi:

<u>Kömür Kesiti</u> (cm)	<u>Kömür Oranı</u> (%)	<u>Yoğunluk</u> (gr/cm ³)	<u>Damar Kal.</u> (m)
0,00-200	71,7		
+ 200	70,6		
Komple	71,7	1,42	10,20

e) 5 Nolu stap kelebesi:

<u>Kömür Kesiti</u> (cm)	<u>Kömür Oranı</u> (%)	<u>Yoğunluk</u> (gr/cm ³)	<u>Damar Kal.</u> (m)
0,00-200	49,5		
+ 200	67,9		
Komple	58,0	1,51	8,80

f) 6 Nolu stamp kelebesi:

<u>Kömür Kesiti</u> (cm)	<u>Kömür Oranı</u> (%)	<u>Yoğunluk</u> (gr/cm ³)	<u>Damar Kal.</u> (m)
0,00-200	57,2		
+ 200	70,7		
Komple	62,5	1,51	6,25

g) 7 Nolu stamp kelebesi:

<u>Kömür Kesiti</u> (cm)	<u>Kömür Oranı</u> (%)	<u>Yoğunluk</u> (gr/cm ³)	<u>Damar Kal.</u> (m)
0,00-200	73,2		
+ 200	70,0		
Komple	72,0	1,42	7,85

h) 8 Nolu stamp kelebesi:

<u>Kömür Kesiti</u> (cm)	<u>Kömür Oranı</u> (%)	<u>Yoğunluk</u> (gr/cm ³)	<u>Damar Kal.</u> (m)
0,00-200	78,6		
+ 200	75,4		
Komple	77,1	1,40	11,10

Bu numunelerin laboratuardaki komple analiz sonuçları fiili değerler olarak şöyledir:

	<u>Kalori (Kcal/kg)</u>		<u>Yoğunluk (gr/cm³)</u>	
	<u>Yerinde</u>	<u>Fiili</u>	<u>Yerinde</u>	<u>Fiili</u>
Ayna.....	3820	2940	1,40	1,48
Arka.....	3734	1963	1,44	1,65
Komple...	3700	2235	1,48	1,53

	<u>Genel Kül (%)</u>		<u>Randıman (% Kömür)</u>	
	<u>Yerinde</u>	<u>Fiili</u>	<u>Yerinde</u>	<u>Fiili</u>
Ayna.....	31,3	41,77	75,9	75,9
Arka.....	35,3	55,21	72,7	36,3
Komple...	33,1	48,85	74,6	53,0

Yerinde Rezerv:

1985 Kasım ayı ilerlemesinden elde edilen tonaj, damar kalınlığı ve yoğunluğa göre hesap edilmiştir. Damar kalınlığı ve yoğunluk bölgeye komşu swamp kelebelerinin değerlendirilmesi ile ortalamadan bulunmuştur.

	<u>Uzunluk (m)</u>	<u>İlerleme (m)</u>	<u>Yükseklik (m)</u>	<u>Yoğunluk (t/m³)</u>	<u>Rezerv (Ton)</u>
Ayna...	167	14	2	1,40	2627
Arka...	73	14	7,48	1,44	11008

Rezervde,

	<u>Kömür (Ton)</u>	<u>Kil (Ton)</u>
Ayna.....	1994	633
Arka.....	8003	3005
Toplam	9997	3638

Üretim:

Ayaklardan gelen tüvenan kömür, bant kancalarından geçtikten sonra, aylık üretim olarak toplanmıştır. Ayna ve arka üretimi fiili % kömür randıman değerlerine göre ayrı ayrı hesaplanmıştır.

Stamptan gelen kil ise,

$$\text{Stamptan gel. kil} = \frac{\text{Ürt. Köm. Mik. X (100-Yer. \% Köm Ran)}}{\text{Yerinde \% Kömür Randımanı}}$$

göre hesaplanmıştır.

	Tüvenan Üretim (Ton)	Üretimde Kömür (Ton)	Üretimde Kil (Ton)	Stamptan gelen kil (Ton)	Tavan ve tabandan karışan kil (Ton)
Ayna..	2627	1994	633	633	—
Arka..	12125	4402	7723	1653	6070
	<u>14752</u>	<u>6396</u>	<u>8356</u>	<u>2646</u>	<u>6070</u>

Tüvenan üretiminde kömür ve kil durumu:

Aynadan alınan kömür.....= 1994

Arkadan alınan kömür.....= 4402

Aynadan alınan stamp kili.....= 633

Arkadan alınan stamp kili.....= 1653

Aynadan karışan taban kili.....= —

Arkaya karışan tavan kili.....= 6070

14752 Ton

Kayıplar ve Randımanlar:

Rezerve göre fiili üretim = 13635 — 14752 = -1117 = %108,2

Çizelge 7.2 1,7 Yoğunluğa Göre Tunçbilek Kimya Laboratu-
arlarınınca Hazırlanan Yüzdürme Eğrilerinden
1985 Yılı Sonuçları

Tarih	Ebat (mm)	Ebat Oranı (%)	Randıman (%)	0-150 mm. Boyut Grubunun Birleşimi
20.12.1984	- 18	36,1	55,5	
20.01.1985	+ 18	63,9	36,8	43,55
20.01.1985	- 18	36,0	60,6	
20.02.1985	+ 18	64,0	36,8	45,37
20.02.1985	- 18	31,3	53,6	
20.03.1985	+ 18	68,7	49,7	50,92
20.03.1985	- 18	37,4	50,5	
20.04.1985	+ 18	62,6	26,4	35,42
20.04.1985	- 18	41,3	53,8	
20.05.1985	+ 18	58,7	38,4	44,76
20.05.1985	- 18	33,3	59,3	
20.06.1985	+ 18	66,7	30,2	39,89
20.06.1985	- 18	35,0	59,5	
20.07.1985	+ 18	65,0	47,7	51,83
20.07.1985	- 18	33,8	65,9	
20.08.1985	+ 18	66,2	35,8	45,98
20.08.1985	- 18	27,3	64,0	
20.09.1985	+ 18	72,7	44,0	49,46
20.09.1985				
20.10.1985	0-150			42,40
20.10.1985				
20.11.1985	0-150			37,30
20.11.1985				
20.11.1985	0-150			45,40
20.12.1985				
Ortalama				44,36

Tüvenan Üretim (Ton)	Üretimde Kömür (Ton)	Üretimde Kil (Ton)	Stamptan gelen Kil (Ton)	Tavan Ve tabandan karışan kil (Ton)
Ayna.. 2627	1994	633	633	—
Arka.. 12125	4402	7723	3005	4718
14752	6389	8356	3638	4718

En iyimser sonuçla, arka kömürü üretime karışacak tavan taşı oranı ise,

Arka Köm. Karışacak tavan taşı oranı= $4718/12125= \% 38,91$ olacaktır.

1985 yılı Kasım ayı içinde tüvenan kömürden alınan numunelerle yapılan laboratuvar analizlerinde taş karışma oranı % 35,17 olarak bulunmuştur.

Bu durumda 1985 yılı Kasım ayı içinde tüvenan kömürdeki tavan taşı miktarı ortalama % 37,1 dir.

7.3. Tüvönan Üretiminden Aylık Olarak Alınan Numunelerden Yıllık Taş Karışma Oranının Hesaplanması

7.3.1. Tüvönan Üretiminin herhangi bir ayından alınan numunelerden yıllık taş karışma oranının hesaplanması.

İdame ocağından gelen kömür içindeki taş oranını tespit etmek için, tüvönan üretiminin nakledildiği ihraç bandından numuneler alınmıştır. Numuneler vardiya içinde bant üzerinden iki rulo arasında kalan tüvönan kömürden alınmıştır. Periyodik olarak her saat başı alınan bu numuneleri karıştırarak azaltmak amacıyla dörtleme yöntemi uygulanmıştır. Azaltma işleminde harman yapılan numune 10 cm. kalınlıkta olacak şekilde yayılarak kürekle dört eşit bölüme ayrılmıştır. Dörde bölünen numunenin karşılıklı iki bölmesi alınarak tekrar karıştırılmıştır. Karıştırılan bu numune tekrar aynı şekilde azaltma işlemine tabi tutulmuştur. Çinko Klorür'ün suda çözeltisi ile 1,7 yoğunlukta

Çizelge 7.3 İdame Ocağı Tüvönan Üretiminden Alınan Kömür Numunelerinin 1,7 Yoğunluktaki Sıvıda Yapılan Yüzdürme Batırma Analizleri.

Tarih	Genel Kül (%)	Yüzen Oranı (%)	Batan Oranı (%)	Kalori Kcal/kg
29.03.1985	55,00	39,1	60,9	2038
30.03.1985	52,56	43,7	56,3	2270
31.03.1985	56,76	41,8	58,2	1865
01.04.1985	55,07	46,2	53,8	2030
02.04.1985	52,83	44,2	55,8	2255
03.04.1985	57,37	41,7	58,3	1810
04.04.1985	56,12	43,9	56,1	1892
05.04.1985	56,88	40,0	60,0	1822
06.04.1985	53,85	44,8	55,2	2230
07.04.1985	59,17	33,0	67,0	1768
08.04.1985	55,13	40,2	59,8	2073
09.04.1985	54,92	43,8	56,2	2144
10.04.1985	54,23	44,8	55,2	2260
11.04.1985	54,82	43,8	56,2	2150
12.04.1985	54,65	44,6	55,4	2210
13.04.1985	53,12	44,3	55,7	2290
14.04.1985	53,23	40,8	59,2	2268
15.04.1985	54,03	41,5	58,5	2190
16.04.1985	53,37	44,1	55,9	2225
17.04.1985	55,37	43,0	57,0	2020
18.04.1985	56,43	40,7	59,3	1950
19.04.1985	54,85	48,5	51,5	2205
20.04.1985	53,53	44,1	55,9	2295
21.04.1985	53,93	43,8	56,2	2230
22.04.1985	52,63	46,7	53,3	2285
23.04.1985	49,53	52,3	47,7	2520
24.04.1985	53,47	48,7	51,3	2230
25.04.1985	52,33	45,3	54,7	2295
26.04.1985	54,97	45,2	54,8	2180
27.04.1985	54,95	38,8	61,2	2138
28.04.1985	54,33	48,3	51,7	2130
29.04.1985	54,73	45,2	54,8	2153
30.04.1985	57,23	37,1	62,9	1845
		1434	1866	
Ortalama		43,45	56,55	

hazırlanan bir kovada numunelerin yüzdürme batırma deneyleri yapılmıştır. Sonuçlar Çizelge 7,3 de verilmiştir. Yapılan deneylerin geometrik ortalamaları ise,

Yüzen miktar.....= % 43,45

Batan miktar.....= % 56,55

Çizelgeden çıkarılan % 56,55 batan nisbeti tükövündeki toplam taş oranı değildir. 1,7 yoğunluğun altındaki batan çok kirli kömürler de mevcuttur. Fakat işletme şartlarında çok kirli linyitler dikkate alınmaz. Laboratuvar analizlerinden alınan ortalama değerlere göre % 2-5 oranında % 75 küllü meşaryel atılmaktadır. Çıkan % 56,55 oran tükövündeki orta kesmelerin ve tavan taşının ortalama oranını teşkil eder. Eğer 1,7 yoğunluğun altında batan çok kirli linyiti hesaba katarsak, stamp genel küllü % 35 oranında kabul edilebilir. Çünkü yeraltında açılan kelebe-ler ve sondaj stamları üzerinde yapılan incelemelere göre, ara kesme oranı % 20-35 dolayındadır. O halde,

$$56,55 \times \frac{65}{100} = \% 36,75$$

olarak göçükte karışan tavan taşı oranını çıkarabiliriz.

Böylece,

Tavan taşı.....= % 36,75

Ara kesme.....= % 19,80¹

¹Ara kesme oranı damardaki toplam kalınlığın tükövündeki ara kesme oranıdır.

7.3.2. 1985 yılı kömür yüzdürme eğrileri yardımıyla taş karışma oranının belirlenmesi.

1985 yılında kimya laboratuvarlarınca alınan numunelerle yapılan yüzdürme eğrilerinden, taş karışma oranı hesaplanmıştır. 0-150 mm. boyut grubu için çizilen kömür yüzdürme eğrilerinin değerleri Çizelge 7,2 de verilmiştir.

Çizelge 7.4. 1,70 Yoğunluğa Göre Tunçbilek Bölgesi Kimya Laboratuvarları Tarafından Hazırlanan Yüzdürme Eğrilerinden, 1987 Yılı Aylık Yüzen Ve Batan Sonuçları.

Aylar	Boyut Grubu (mm)	1,70' de Yüzen (%)	1,70' de Batan (%)
Ocak	0-150	45,0	55,0
Şubat	0-150	42,2	57,8
Mart	0-150	32,3	67,7
Nisan	0-150	38,4	61,6
Mayıs	0-150	41,8	58,2
Haziran	0-150	39,4	60,6
Temmuz	0-150	34,8	65,2
Ağustos	0-150	35,8	64,2
Eylül	0-150	40,1	59,9
Ekim	0-150	37,0	63,0
Kasım	0-150	37,4	62,6
Aralık	0-150	45,3	54,7
Ortalama 1987 Yılı		39,13	60,87

8. DENEY SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

8.1. Tek Eksenli Basınç Dayanımlarının Bulunması

8.1.1. Tavan kömürünün tek eksenli basınç dayanımının bulunması.

Deneyler 5 adet numune üzerinde ve tabakalanma düzlemine dik doğrultuda yapılmıştır. Yapılan hesaplamalar şöyledir.

Numune çapı (D).....= 5,40 cm.

Numune boyu (L).....= 6,00 cm.

Toplam kırılma yükü (P) = 2200 kg

Buna göre tek eksenli basınç dayanımı (σ),

$$\sigma = \frac{P}{A}$$

A= Numune kesit alanı (cm²)

$$A = \frac{\pi \times D^2}{4}$$

$$A = \frac{\pi \times (5,40)^2}{4}$$

$$A = 22,90 \text{ cm}^2$$

$$\sigma = \frac{2200}{22,90}$$

$$\sigma = 96,06 \text{ kg/cm}^2 \text{ Olarak bulunur.}$$

Yapılan 5 adet deneyden elde edilen sonuçların aritmetik ortalamasından, tavan kömürünün tabakalanma düzlemine dik doğrultudaki tek eksenli basınç dayanımı ortalama (σ) 100,21 kg/cm² olarak bulunmuştur.

Bu sonuçlar Çizelge 8.1 de verilmiştir.

8.1.2. Tavan kömüründen alınan numunelerin 24 saat su içinde bırakıldıktan sonra, tek eksenli basınç dayanımının bulunması.

Tavan kömüründen alınan numuneler 24 saat su içinde bekletilmiş ve tek eksenli basınç dayanımları bulunmuştur. Deneyler 4 adet numune üzerinde ve tabakalanma düzlemine dik doğrultuda yapılmıştır. Yapılan hesaplamalar şöyledir.

Çizelge 8.1 : Tavan kömüründen alınan karot numunelerin, tabakalanma düzlemine dik doğrultudaki tek eksenli basınç deneyi sonuçları.

NUMUNE NO	NUMUNE ÇAPI (Cm)	NUMUNE BOYU (Cm)	NUMUNE KESİT ALANI (Cm ²)	NUMUNE ÜZE- RİNE UYGULA- NAN TOPLAM KUVVET (Kg)	NUMUNE ÜZE- RİNE UYGULA- NAN BİRİM KUVVET (Kg/cm ²)	A Ç I K L A M A
1	5,40	6,00	22,90	2200	96,06	
2	5,40	5,50	22,90	2450	106,98	
3	5,40	5,50	22,90	2100	91,70	
4	5,40	6,00	22,90	2375	103,71	
5	5,40	7,60	22,90	2350	102,62	
ORTALAMA	5,40	6,12	22,90	2295	100,21	

Çizelge 8.2 : Tavan kömüründen alınan karot numunelerin 24 saat su içinde bekletilmesinden sonra, tek eksenli basınç dayanımı deney sonuçları

NUMUNE NO	NUMUNE ÇAPI (Cm)	NUMUNE BOYU (Cm)	NUMUNE KESİT ALANI (Cm ²)	NUMUNE ÜZERİNE UYGULANAN TOPLAM KUVVET (KIRILMA YÜKÜ) (kg)	NUMUNE ÜZERİNE UYGULANAN BİRİM KUVVET (kg/cm ²)	AÇIKLAMA
1	5,40	8,40	22,90	1550	67,68	
2	5,40	6,00	22,90	1675	73,14	
3	5,40	5,80	22,90	1800	78,43	
4	5,40	6,20	22,90	1500	65,50	
ORTALAMA	5,40	6,60	22,90	1631	71,18	

Numune çapı (D).....= 5,40 cm

Numune boyu (L).....= 8,40 cm

Toplam Kırılma Yüğü (P).....= 1550 kg

Buna göre tek eksenli basınç dayanımı,

$$\sigma = \frac{P}{A}$$

A: Numune kesit alanı

$$A = \frac{\pi \times D^2}{4}$$

$$A = \frac{\pi \times (5,40)^2}{4}$$

$$A = 22,90 \text{ cm}^2$$

$$\sigma = \frac{P}{A}$$

$$\sigma = \frac{1550}{22,90}$$

$$\sigma = 67,68 \text{ kg/cm}^2$$

Yapılan 4 adet deneyden elde edilen sonuçların aritmetik ortalamasından, numunelerin tabakalanma düzlemine dik doğrultudaki tek eksenli basınç dayanımı (σ) ortalama 71,18 kg/cm² olarak bulunmuştur.

Bu deney sonuçları Çizelge 7.2 de verilmektedir.

8.1.3. Tavan taşının tek eksenli basınç dayanımının bulunması.

Tek eksenli basınç dayanımı deneyleri 4 adet numune üzerinde ve tabakalanma düzlemine dik doğrultuda yapılmıştır. Yapılan hesaplamalar şöyledir.

Numune çapı (D).....=5,40 cm

Numune boyu (L).....=8,0 cm

Toplam kırılma yükü (P).....=9000 kg

Buna göre tek eksenli basınç dayanımı,

$$\sigma = \frac{P}{A}$$

A= Numune kesit alanı (cm²)

Çizelge 8.3 : Tavan taşından alınan karot numunelerle yapılan, tek eksenli basınç dayanımı deney sonuçları

NUMUNE NO	NUMUNE ÇAPI (Cm)	NUMUNE BOYU (Cm)	NUMUNE KESİT ALANI (Cm ²)	NUMUNE ÜZERİ- NE UYGULANAN TOPLAM KUUVET (KIRILMA YÜK) (Kg)	NUMUNE ÜZE- RİNE GELEN BİRİM KUUVET (Kg/cm ²)	A Ç I K L A M A
1	5,40	8,00	22,90	9,000	393,02	
2	5,40	8,10	22,90	9,050	395,20	
3	5,40	6,00	22,90	6 700	292,58	
4	5,40	6,20	22,90	7,250	316,59	
ORTALAMA	5,40	7,10	22,90	8,000	349,34	

$$A = \frac{\pi \times D^2}{4} \quad A = \frac{\pi \times (5,40)^2}{4} \quad A = 22,90 \text{ cm}^2$$

$$\sigma = \frac{P}{A} \quad \sigma = \frac{9000}{22,90} \quad \sigma = 393,02 \text{ kg/cm}^2$$

Yapılan deneylerden elde edilen sonuçların aritmetik ortalamasından, numunelerin tabakalanma düzlemine dik doğrultudaki tek eksenli basınç dayanımı (σ) ortalama $349,34 \text{ kg/cm}^2$ olarak bulunmuştur.

Bu deney sonuçları Çizelge 8.3 de verilmiştir.

8.1.4. Taban taşının tek eksenli basınç dayanımının bulunması.

Tek eksenli basınç dayanımı deneyleri 4 adet numune üzerinde ve tabakalanma düzlemine dik doğrultuda yapılmıştır. Yapılan hesaplamalar şöyledir.

Numune çapı (D).....= 5,40 cm

Numune boyu (L).....= 8,00 cm

Toplam kırılma yükü (P).....= 2400 kg

Buna göre tek eksenli basınç dayanımı (σ),

$$\sigma = \frac{P}{A}$$

A= Numune kesit alanı (cm^2)

$$A = \frac{\pi \times D^2}{4} \quad A = \frac{\pi \times (5,40)^2}{4} \quad A = 22,90 \text{ cm}^2$$

$$\sigma = \frac{P}{A} \quad \sigma = \frac{2400}{22,90} \quad \sigma = 104,80 \text{ kg/cm}^2$$

Yapılan deneylerden elde edilen sonuçların aritmetik ortalamasından, numunelerin tabakalanma düzlemine dik doğrultudaki tek eksenli basınç dayanımları ortalama $88,15 \text{ kg/cm}^2$ olarak bulunmuştur. Bu sonuçlar Çizelge 8.4 de verilmektedir.

Çizelge 8.4 : Taban taşından alınan karot numunelerle yapılan, tek eksenli basınç dayanımı deney sonuçları.

NUMUNE NO	NUMUNE ÇAPI (Cm)	NUMUNE BOYU (Cm)	NUMUNE KESİT ALANI (Cm ²)	NUMUNE ÜZERİNE UYGULANAN TOPLAM KUVVET (KIRILMA YÜKÜ) (kg)	NUMUNE ÜZERİNE GELEN BİRİM KUVVET (kg/cm ²)	A Ç I K L A M A
1	5,40	8,00	22,90	24 00	104,80	
2	5,40	7,20	22,90	19 00	82,97	
3	5,40	7,30	22,90	18 50	80,78	
4	5,40	9,50	22,90	19 25	84,06	
ORTALAMA	5,40	8,00	22,90	20 19	88,15	Taban taşının tek eksenli basınç direncinin tavan taşından düşük çıkmasının nedeni numunelerin çok çatlaklı olduğundan ileri gelmektedir.

8.2. Endirekt Çekme Dayanımlarının Bulunması

8.2.1. Tavan kömürünün endirekt çekme dayanımının bulunması.

Deneyler 6 adet numune üzerinde yapılmıştır. Yapılan hesaplamalar şöyledir.

Numune çapı (D).....= 5,40 cm

Numune boyu (L).....= 3,70 cm

Uygulanan toplam kuvvet (P) = 600 kg

$$\zeta = \frac{2 P}{\pi D L}$$

$$\zeta = \frac{2 \times 600}{\pi \times 5,40 \times 3,70} = 19,13 \text{ kg/cm}^2$$

$$\zeta = 19,13 \text{ kg/cm}^2$$

Yapılan deneylerden elde edilen sonuçların aritmetik ortalamasından, tavan kömürünün endirekt çekme dayanımı deneyleri ile bulunan çekme dayanımı (ζ) ortalama 21,37 kg/cm² olarak bulunmuştur.

Bu deney sonuçları Çizelge 8.5 de verilmiştir.

8.2.2. Tavan taşının endirekt çekme dayanımının bulunması

Tavan taşından alınan 4 adet numune üzerinde endirekt çekme dayanımı deneyleri yapılmıştır. Tavan taşının endirekt çekme dayanımı şöyle hesaplanmıştır.

Numune çapı (D).....= 5,40 cm

Numune boyu (L).....= 2,86 cm

Uygulanan toplam kuvvet (P).....= 1300 kg

$$\zeta = \frac{2 P}{\pi D L}$$

Çizelge 8.5 : Tavan kömüründen alınan karot numunelerle yapılan, Endirekt Çekme Dayanımı deney sonuçları.

NUMUNE NO	NUMUNE ÇAPI (Cm)	NUMUNE BOYU (Cm)	NUMUNE ÜZE- RİNE UYGULA- NAN TOPLAM KUVVET (Kg)	KULLANILAN FORMÜL	ÇEKME DRENCİ (σ_c) (kg/cm)	A Ç I K L A M A
1	5,40	3,70	600	$\frac{2P}{\pi DL}$	19,13	
2	5,40	3,20	600	$\frac{2P}{\pi DL}$	22,12	
3	5,40	3,40	500	$\frac{2P}{\pi DL}$	17,35	
4	5,40	2,60	500	$\frac{2P}{\pi DL}$	22,55	
5	5,40	3,20	625	$\frac{2P}{\pi DL}$	23,04	
6	5,40	3,25	665	$\frac{2P}{\pi DL}$	24,03	
ORTALAMA	5,40	3,225	478	$\frac{2P}{\pi DL}$	21,37	

Çizelge 8.6 : Tavan taşından alınan karot numunelerle yapılan, Endirekt Çekme Dayanımı deney sonuçları.

NUMUNE NO	NUMUNE CAPI (Cm)	NUMUNE BOYU (Cm)	NUMUNE ÜZERİNE UYGULANAN TOPLAM KUVVET (Kgf)	KULLANILAN FORMÜL	ÇEKME DİRENCİ σ_c (Kg/Cm ²)	A Ç I K L A M A
1	5,40	2,86	1300	$\frac{2P}{\pi DL}$	53,62	
2	5,40	3,80	2125	$\frac{2P}{\pi DL}$	65,96	
3	5,40	3,60	1550	$\frac{2P}{\pi DL}$	50,79	
4	5,40	3,70	1600	$\frac{2P}{\pi DL}$	51,00	
ORTALAMA	5,40	3,49	1644	$\frac{2P}{\pi DL}$	55,34	

Amirhan (Cemal)
Nispetiye (Mehmet)

$$\sigma_c = \frac{2 \times 1300}{5,40 \times 2,86}$$

$$\sigma_c = 53,62 \text{ kg/cm}^2$$

Tavan taşından alınan numunelerle yapılan deneylerden elde edilen sonuçların aritmetik ortalamasından, tavan taşının endirekt çekme deneyi ile bulunan çekme dayanımı (σ_c) ortalama $55,34 \text{ kg/cm}^2$ olarak bulunmuştur.

Bu deney sonuçları Çizelge 8.6'da verilmiştir.

8.3. Basınç Kabında Yapılan Deney Sonuçlarının Değerlendirilmesi

8.3.1. Kömür numuneleri üzerinde yapılan üç eksenli basınç deneyleri.

Tavan kömüründen alınan 4 adet numune ile deney kabında değişik yanal basınçlarda üç eksenli basınç deneyleri yapılmıştır. Yapılan bu deneylerle ilgili hesaplamalar şöyledir.

1 Nolu numune:

Numune çapı (D).....= 5,40 cm

Numune boyu (D)₂.....= 8,00 cm

Uygulanan yanal basınç (P₂).....= 0,00 kg/cm²

Uygulanan toplam kuvvet (P).....= 2760 kg

Basınç kabında yapılan deneyler sırasında, uygulanan yanal basınca bağlı olarak, deney kabının pistonuna su tarafından karşı bir kuvvet uygulanmaktadır. Uygulanan bu karşı kuvvet, numune üzerine uygulanan toplam kuvveti düşürecektir.

Buna göre pistona su tarafından uygulanan karşı kuvvet:

Numune çapı (D).....= 5,40 cm

Piston çapı (D₁).....= 7,40 cm

$$\text{Numune kesit alanı (A)} = \frac{\pi \times D^2}{4} \quad A = \frac{\pi \times (5,40)^2}{4}$$

$$\text{Numune kesit alanı (A)} = 22,90 \text{ cm}^2$$

$$\text{Piston kesit alanı (A}_1) = \frac{\pi \times D^2}{4} \quad A_1 = \frac{\pi \times (7,40)^2}{4}$$

$$\text{Piston kesit alanı (A}_1) = 42,99 \text{ cm}^2$$

$A_2 =$ Piston ile deney numunesi arasında kalan kısmın alanı.

$$A_2 = A_1 - A \quad A_2 = 42,99 - 22,90 \quad A_2 = 20,09 \text{ cm}^2$$

$P_g =$ Pistona su tarafından geri uygulanan toplam kuvvet

$$P_g = P_2 \times A_2 \quad \text{olur.}$$

$$P_g = 0,00 \times 20,09 = 0,00 \text{ kg}$$

Buna göre numune üzerine uygulanan net kuvvet (P_n):

$$P_n = P - P_g \quad P_n = 2760 - 0,00 = 2760 \text{ kg}$$

Buna göre basınç dayanımı ise,

$$\sigma = \frac{P_n}{A} \quad \sigma = \frac{2760}{22,90} \quad \sigma = 120,52 \text{ kg/cm}^2$$

2 Nolu numune:

Numune çapı (D).....= 5,40 cm

Numune boyu (L).....= 8,00 cm

Uygulanan yanıl basınç (P_2)...= 25,00 kg/cm²

Uygulanan toplam kuvvet (P)...= 6005 kg

Basınç kabında yapılan deneyler sırasında, uygulanan yanıl basınca bağılı olarak, deney kabının pistonuna su tarafından bir karşı kuvvet uygulanmaktadır. Uygulanan bu karşı kuvvet, numune üzerine uygulanan toplam kuvveti düşürecektir.

Buna göre pistona su tarafından uygulanan karşı kuvvet:

$$\text{Numune çapı (D)} \dots \dots \dots = 5,40 \text{ cm}$$

$$\text{Piston çapı (D}_1\text{)} \dots \dots \dots = 7,40 \text{ cm}$$

$$\text{Numune kesit alanı (A)} = \frac{\pi \times D^2}{4} \quad A = \frac{\pi \times (5,40)^2}{4}$$

$$\text{Numune kesit alanı (A)} = 22,90 \text{ cm}^2$$

$$\text{Piston kesit alanı (A}_1\text{)} = \frac{\pi \times D^2}{4} \quad A_1 = \frac{\pi \times (7,40)^2}{4}$$

$$\text{Piston kesit alanı (A}_1\text{)} = 42,99 \text{ cm}^2$$

A_2 = Piston ile deney numunesi arasında kalan kısmın alanı.

$$A_2 = A_1 - A \quad A_2 = 42,99 - 22,90 \quad A_2 = 20,09 \text{ cm}^2$$

P_g = Pistona su tarafından geri uygulanan toplam kuvvet

$$P_g = P_2 \times A_2 \text{ olur.}$$

$$P_g = 25,00 \times 20,09 \quad P_g = 502 \text{ kg}$$

Buna göre numune üzerine uygulanan net kuvvet (P_n):

$$P_n = P - P_g \quad P_n = 6005 - 502 \quad P_n = 5503 \text{ kg}$$

Buna göre üç eksenli basınç dayanımı ise,

$$\zeta = \frac{P_n}{A} \quad \zeta = \frac{5503}{22,90} \quad \zeta = 240,30 \text{ kg/cm}^2$$

3 Nolu numune:

$$\text{Numune çapı (D)} \dots \dots \dots = 5,40 \text{ cm}$$

$$\text{Numune boyu (L)} \dots \dots \dots = 7,70 \text{ cm}$$

$$\text{Uygulanan yanıl basınç (P}_2\text{)} \dots \dots = 50,00 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Uygulanan toplam kuvvet (P)} \dots \dots = 9300 \text{ kg}$$

Çizelge 8.7 : Tavan kömüründen alınan karot numunelerle yapılan, üç eksenli basınç dayanımı deney sonuçları.

NUMUNE NO	NUMUNE ÇAPI (Cm.)	NUMUNE BOYU (Cm)	NUMUNE KESİT ALANI (Cm ²)	NUMUNE ÜZERİNE UYGULANAN YANAL KUVVET (Kg/cm ²)	NUMUNE ÜZERİNE UYGULANAN TOPLAM KUVVET (Kg)	PİSTON İLE NUMUNE ARASINDA KALAN KISMIN ALANI (Cm ²)	SUYUN PİSTONA GERİ UYGULADIĞI TOPLAM KUVVET (Kg)	NUMUNE ÜZERİNE UYGULANAN TOPLAM KUVVET (Kg)	(Kg/cm ²) NUMUNE ÜZERİNE BİRİM ALANA UYGULANAN KUVV. (Üç eksenli basınç direnci)	A Ç I K L A M A
1	5,40	8,00	22,90	0,00	27 60	20,09	—	27 60	120,52	
2	5,40	8,00	22,90	25,00	6005	20,09	502	5503	240,30	
3	5,40	7,70	22,90	50,00	9200	20,09	1005	8295	362,20	
4	5,40	7,75	22,90	75,00	12 616	20,09	1507	11 109	485,13	

Basınç kabında yapılan deneyler sırasında, uygulanan yanıl basınca bağlı olarak, deney kabının pistonuna su tarafından bir karşı kuvvet uygulanmaktadır. Uygulanan bu karşı kuvvet, numune üzerine uygulanan toplam kuvveti düşürecektir.

Buna göre pistonu su tarafından geri uygulanan karşı kuvvet:

Numune çapı (D).....= 5,40 cm

Piston çapı (D₁).....= 7,40 cm

Numune kesit alanı (A)= 22,90 cm²

Piston kesit alanı (A₁)= 42,99cm²

A₂= Piston ile deney numunesi arasında kalan kısmın alanı

$$A_2 = A_1 - A \quad A_2 = 42,99 - 22,90 \quad A_2 = 20,09 \text{ cm}^2$$

P_g= Pistona su tarafından geri uygulanan toplam kuvvet

P_g= P₂ X A₂ olur.

$$P_g = 50,00 \times 20,09 \quad P_g = 1005 \text{ kg}$$

Numune üzerine uygulanan net kuvvet (P_n):

$$P_n = P - P_g \quad P_n = 9300 - 1005 \quad P_n = 8295 \text{ kg}$$

Buna göre basınç dayanımı ise,

$$\zeta = \frac{P_n}{A} \quad \zeta = \frac{8295}{22,90} \quad \zeta = 362,20 \text{ kg/cm}^2$$

4 Nolu numune:

Numune çapı (D).....= 5,40 cm

Numune boyu (L).....= 7,75 cm

Uygulanan yanıl basınç (P₂)....= 75,00 kg/cm²

Uygulanan toplam kuvvet (P)....= 12616 kg

Basınç kabında yapılan deneyler sırasında, uygulanan yanıl basınca bağılı olarak, deney kabının pistonuna su tarafından bir karşı kuvvet uygulanmaktadır. Uygulanan bu karşı kuvvet, numune üzerine uygulanan toplam kuvveti düşürecekştir.

Buna göre pistonu su tarafından geri uygulanan karşı kuvvut:

$$\text{Numune çapı (D)} \dots \dots \dots = 5,40 \text{ cm}$$

$$\text{Piston çapı (D}_1\text{)} \dots \dots \dots = 7,40 \text{ cm}$$

$$\text{Numune kesit alanı (A)} \dots \dots \dots = 22,90 \text{ cm}^2$$

$$\text{Piston kesit alanı (A}_1\text{)} \dots \dots \dots = 42,99 \text{ cm}^2$$

A_2 = Piston ile deney numunesi arasında kalan kısmın alanı

$$A_2 = A_1 - A \quad A_2 = 42,99 - 22,90 \quad A_2 = 20,09 \text{ cm}^2$$

P_g = Pistona su tarafından geri uygulanan toplam kuvvet

$$P_g = P_2 \times A_2 \quad P_g = 75,00 \times 20,09 \quad P_g = 1507 \text{ kg}$$

Numune üzerine uygulanan net kuvvet (P_n):

$$P_n = P - P_g \quad P_n = 12616 - 1507 \quad P_n = 11109 \text{ kg.}$$

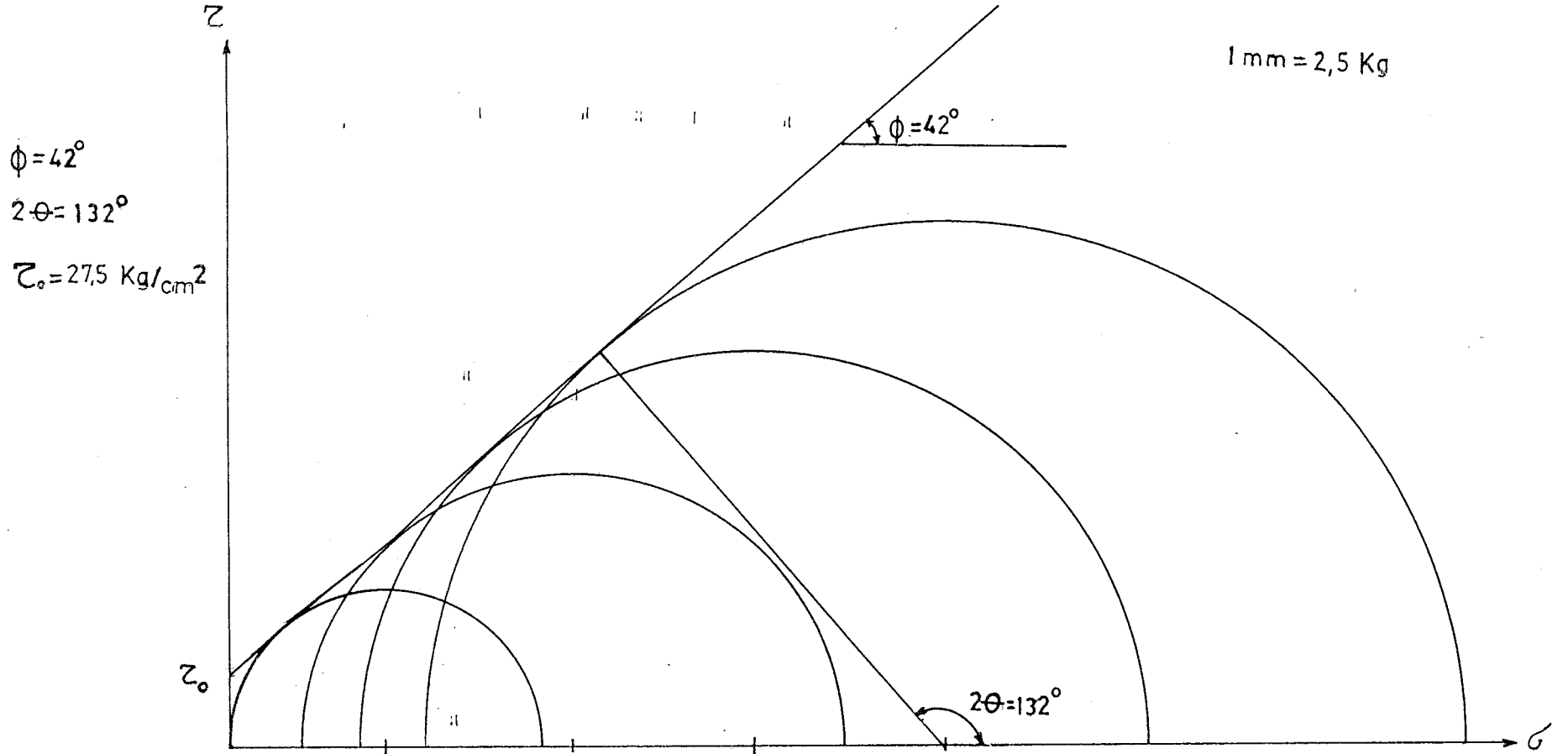
Buna göre basınç dayanımı ise,

$$\zeta = \frac{P_n}{A} \quad \zeta = \frac{11109}{22,90} \quad \zeta = 485,13 \text{ kg/cm}^2$$

Hesaplanan bu deney sonuçları Çizelge 8. 7 de verilmiştir.

Hesaplanan bu değerlerden yararlanarak diğer değerlerin bulunması:

Tavan taşından alınan numunelerle "GLİ Malzeme Araştırma ve Kalite Kontrol Laboratuvarları"nda yapılan deneyler sonucu bulunan poisson Oranları Çizelge 5.2' da verilmektedir. Bu değerlerin aritmetik ortalamasından ortalama Poisson Oranı (ν) 0,44 olarak bulunmuştur. Kömürün Poisson



Şekil 8.1 : Kömürden alınan karot numunelerle yapılan, üç eksenli basınç deneyi sonuçlarına göre çizilen Mohr Diyagramı.

oranı olarak tavan taşının ortalama Poisson Oranı alınmıştır.

Ocakta ortalama üretim derinliğini 150 m. , Tavan taşının ortalama yoğunluğunu $2,5 \text{ ton/m}^2$ alırsak bu durum da derinlik basıncı şöyle olur.

$$\sigma_1 = 150 \times 0,25 \quad \sigma_1 = 37,5 \text{ kg/cm}^2 \text{ olur.}$$

Buna göre üretim derinliğindeki yanal basınç ($\sigma_2 = \sigma_3$) ise,

$$\sigma_2 = \frac{\sigma_1 \times \nu}{1 - \nu} \dots\dots\dots (\text{Önce, 1985})$$

$$\sigma_2 = \frac{37,5 \times 0,44}{1 - 0,44} \quad \sigma_2 = \frac{16,5}{0,56} \quad \sigma_2 = 30 \text{ kg/cm}^2$$

olarak bulunur.

Yapılan deneylerden elde edilen değerlere göre çizilen Mohr Diyagramlarında İç Sürtünme açısı $\phi = 42^\circ$ kırılma yüzeyinin oluşturduğu θ açısı işe, $\theta = 66^\circ$ olarak bulunur. ($2\theta = 132^\circ$ olur.)

Buna göre,

Normal Gerilme (σ_n):

$$\sigma_n = \frac{\sigma_1 + \sigma_2}{2} + \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{2} \cos 2\theta \dots\dots\dots (\text{Önce, 1985})$$

Kesme Gerilmesi (τ):

$$\tau = \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{2} \sin 2\theta \dots\dots\dots (\text{Önce, 1985})$$

Formülleri ile bulunabilir.

$$\sigma_n = \frac{37,5 + 30}{2} + \frac{37,5 - 30}{2} \times \cos 132^\circ$$

$$\sigma_n = 33,75 + (-2,50) \quad \sigma_n = 31,24 \text{ kg/cm}^2$$

$$\tau = \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{2} \times \sin 2\theta$$

$$\tau = \frac{37,5 - 30}{2} \times \sin 132^\circ$$

$$\tau = 3,75 \times \sin 132^\circ \quad \tau = 2,78 \text{ kg/cm}^2$$

Bu şartlarda 150 m. derinlikte kömür üzerinde oluşacak normal gerilme $\sigma_n = 31,24 \text{ kg/cm}^2$ kesme gerilmesi ise $\tau = 2,78 \text{ kg/cm}^2$ olmaktadır. Mohr Diyagramları Şekil 8 , 1 de verilmiştir.

8.3.2. Kömür numuneleri üzerinde basınç kabında 30 kg/cm^2 yanal su basıncında yapılan deney sonuçlarının değerlendirilmesi

Tavan kömüründen alınan 4 adet karot numune üzerinde basınç kabında 30 kg/cm^2 yanal su basıncında üç eksenli deneyler yapılmıştır.

Bu deney sonuçlarına göre yapılan hesaplamalar şöyledir.

Numune çapı (D).....= 5,40 cm

Numune boyu (L).....= 6,40 cm

Piston çapı (D_1).....= 7,40 cm

Uygulanan yanal basınç (P_1)....= 30 kg/cm^2

Uygulanan toplam kuvvet (P)....= 9025 kg.

Buna göre,

Numune kesit alanı (A)= $22,90 \text{ cm}^2$

Piston kesit alanı (A_1)= $42,99 \text{ cm}^2$

Piston ile numune arasında kalan kısmın alanı (A_2)

$A_2 = A_1 - A \quad A_2 = 42,99 - 22,90 \quad A_2 = 20,09 \text{ cm}^2$

Çizelge 8.8 : Tavan kömüründen alınan karot numunelerle, basınç kabında 30 kg/cm² yanıl su basıncı altında bulunan üç eksenli basınç dayanımı deney sonuçları.

NUMUNE NO	NUMUNE ÇAPI (Cm.)	NUMUNE BOYU (Cm.)	NUMUNE KESİT ALANI (Cm.)	NUMUNE ÜZERİNE UYGULANAN TOPL. YÜK (Kg.)	UYGULANAN SU BASINCI (Kg/cm ²)	UYGULANAN YANAL KUVVET (Su Basıncı) (Kg/cm ²)	PİSTON İLE NUMUNE ARASINDA KALAN KISIMIN ALANI (Cm ²)	SUYUN PİSTONA GERİ UYGULADIĞI TOPL. KUVVET (Kg)	NUMUNE ÜZERİNE UYGULANAN TOPL. NET KUVVET (Kg)	NUMUNE ÜZERİNE BİRİM ALANA UYGULANAN KUVVET (Kg/cm ²)	AÇIKLAMA
1	5,40	6,40	22,90	9025	—	30,00	20,09	603	8422	367,77	
2	5,40	8,10	22,90	8500	—	30,00	20,09	603	7897	344,84	
3	5,40	7,10	22,90	9400	—	30,00	20,09	603	8797	384,14	
4	5,40	7,70	22,90	8750	—	30,00	20,09	603	8147	355,76	
ORTALAMA	5,40	7,33	22,90	8919	—	30,00	20,09	603	8316	363,13	

Pistona su tarafından geri uygulanan toplam kuvvet

$$P_g = P_1 \times A_2 \quad P_g = 30,00 \times 20,09 \quad P_g = 603 \text{ kg}$$

Numune üzerine uygulanan net kuvvet (P_n):

$$P_n = P - P_g \quad P_n = 9025 - 603 \quad P_n = 8422 \text{ kg.}$$

Buna göre basınç dayanımı,

$$\sigma = \frac{P_n}{A} \quad \sigma = \frac{8422}{22,90} \quad \sigma = 367,77 \text{ kg/cm}^2$$

Yapılan deney sonuçlarının aritmetik ortalamasından, tavan kömürünün basınç kabında $30,00 \text{ kg/cm}^2$ yanıl su basıncı altında bulunan üç eksenli basınç dayanımı ortalama $363,13 \text{ kg/cm}^2$ olarak bulunmuştur. Bu sonuçlar Çizelge 8,8 de verilmiştir.

8.3.3. Basınç kabında kömür numuneleri üzerine 100 kg/cm^2 su basıncı uygulandıktan sonra, 30 kg/cm^2 yanıl su basıncı altında üç eksenli basınç dayanımının bulunması.

Kömürden alınan 4 adet karot numune basınç kabında önce 100 kg/cm^2 su basıncı altında 5 dakika süre ile tutulmuş ve daha sonra bu numunelerle 30 kg/cm^2 yanıl su basıncı altında üç eksenli basınç dayanımı deneyleri yapılmıştır.

Bu deney sonuçlarına göre yapılan hesaplamalar şöyledir.

Numune çapı (D).....	= 5,40 cm
Numune boyu (L).....	= 7,80 cm
Piston çapı (D_1).....	= 7,40 cm
Gevşetme (Enjeksiyon) için uygulanan su basıncı (P_{su}).....	= 100 kg/cm^2
Uygulanan yanıl su basıncı (P_1)=	30 kg/cm^2
Uygulanan toplam kuvvet (P)....	= 7700 kg

Çizelge 8.9 : Tavan kömüründen alınan karot numunelere basınç kabında 100 kg/cm² su basıncı uygulandıktan sonra, 30 kg/cm² yanıl su basıncı altında yapılan üç eksenli basınç dayanımı deney sonuçları.

NUMUNE NO	NUMUNE ÇAPI (Cm)	NUMUNE BOYU (Cm)	NUMUNE KESİT ALANI (Cm ²)	NUMUNE ÜZERİNE UYGULANAN TOPLAM KUVVET (Kg)	UYGULANAN SU BASINCI (Kg/cm ²)	UYGULANAN YANAL KUVVET (G ₂ G ₃) (Kg/cm ²)	PİSTON İLE NUMUNE ARASINDA KALAN KISMIN ALANI (Cm ²)	SUYUN PİSTONUNA GERİ UYGULADIĞI TOPLAM KUVVET (Kg)	NUMUNE ÜZERİNE UYGULANAN TOPLAM NET YÜK (Kg)	NUMUNE ÜZERİNE BİRİM ALANA UYGULANAN KUVVET (Kg/cm ²)	AÇIKLAMA
1	5,40	7,80	22,90	7700	100,00	30,00	20,09	603	7097	310,00	
2	5,40	8,10	22,90	7775	100,00	30,00	20,09	603	7172	313,19	
3	5,40	8,00	22,90	6850	100,00	30,00	20,09	603	6247	272,80	
4	5,40	8,00	22,90	6850	100,00	30,00	20,09	603	6247	272,80	
ORTALAMA	5,40	7,97	22,90	7294	100,00	30,00	20,09	603	6692	292,30	

Buna göre,

$$\text{Numune kesit alanı (A)} = 22,90 \text{ cm}^2$$

$$\text{Piston kesit alanı (A}_1\text{)} = 42,99 \text{ cm}^2$$

Piston ile numune arasında kalan (Su ile temas eden) kısmın alanı (A₂):

$$A_2 = A_1 - A \quad A_2 = 42,99 - 22,90 \quad A_2 = 20,09 \text{ cm}^2$$

Pistona su tarafından geri uygulanan toplam kuvvet (P_g)

$$P_g = P_1 \times A_2 \quad A_2 = 42,99 - 20,09 \quad P_g = 603 \text{ kg}$$

Numune üzerine uygulanan net kuvvet (P_n)

$$P_n = P - p_g \quad P_n = 7700 - 603 \quad P_n = 7097 \text{ kg.}$$

Buna göre üç eksenli basınç dayanımı ise

$$\zeta = \frac{P_n}{A} \quad \zeta = \frac{7097}{22,90} \quad \zeta = 310,00 \text{ kg/cm}^2$$

Yapılan bu deney sonuçlarının aritmetik ortalamasından, kömürden alınan karot numuneler üzerine basınç kabında 100 kg/cm² su basıncı uygulandıktan sonra, 30 kg/cm² yanıl su basıncı altında bulunan üç eksenli basınç dayanımı ortalama $\zeta_{\text{ort.}} = 292,30 \text{ kg/cm}^2$ olarak bulunmuştur. Bu deney sonuçları Çizelge 8,9'da verilmektedir.

8.3.4. Basınç kabında kömür numuneleri üzerine 200 kg/cm² su basıncı uygulandıktan sonra, 30 kg/cm² yanıl su basıncı altında üç eksenli basınç dayanımının bulunması.

Bu deney sonuçlarına göre yapılan hesaplamalar şöyledir.

$$\text{Numune çapı (D)} \dots \dots \dots = 5,40 \text{ cm}$$

$$\text{Numune boyu (L)} \dots \dots \dots = 8,10 \text{ cm}$$

$$\text{Piston çapı (D}_1\text{)} \dots \dots \dots = 7,40 \text{ cm}$$

Çizelge 8.10 : Tavan kömüründen alınan karot numuneler üzerine, basınç kabında 200 kg/cm^2 su basıncı uygulandıktan sonra, 30 kg/cm^2 yanal su basıncı altında bulunan üç eksenli basınç dayanımı deneyi sonuçları.

NUMUNE NO	NUMUNE ÇAPI (Cm)	NUMUNE BOYU (Cm)	NUMUNE KESİT (Cm ²)	NUMUNE ÜZERİNE UYGULANAN TOPLAM KUVVET (kg)	UYGULANAN SU BASINCI (Kg/cm ²)	UYGULANAN YANAL KUVVET (G ₂ , G ₃) ₂ (kg/cm ²)	PİSTON İLE NUMUNE ARASINDA KALAN KISIM ALANINI (cm ²)	PİSTON SU TARAĞINDAN GEÇİRİLEN KUVVET (kg)	NUMUNE ÜZERİNE UYGULANAN TOPLAM NET KUVV. (kg)	NUMUNE ÜZERİNE BİRİM ALANA UYGULANAN KUVV. (kg/cm ²)	AÇIKLAMA
1	5,40	8,10	22,90	62 50	200,00	30,00	20,09	603	56 47	246,60	
2	5,40	9,40	22,90	63 50	200,00	30,00	20,09	603	57 47	250,96	
3	5,40	9,70	22,90	58 00	200,00	30,00	20,09	603	5197	226,94	
4	5,40	7,50	22,90	62 00	200,00	30,00	20,09	603	5597	244,41	
5	5,40	7,50	22,90	42 00	200,00	30,00	20,09	603	3597	157,07	
6	5,40	8,50	22,90	33 00	200,00	30,00	20,09	603	2697	117,77	
ORTALAMA	5,40	8,45	22,90	53 50	200,00	30,00	20,09	603	47 47	207,30	

Gevşetme (Enjeksiyon) için uygulan-
 lan su basıncı (P_{su}).....= 200 kg/cm²
 Uygulanan yanıl su basıncı (P_1)..= 30 kg/cm²
 Uygulanan toplam kuvvet (P).....= 6250 kg.

Buna göre,

Numune kesit alanı (A)= 22,90 cm²

Piston kesit alanı (A_1)= 42,99 cm²

Piston ile numune arasında kalan (Su ile temas eden)
 kısmın alanı (A_2)

$A_2 = A_1 - A$ $A_2 = 42,99 - 22,90$ $A_2 = 20,09$ cm²

Pistona su tarafından geri uygulanan toplam kuvvet (P_g)

$P_g = P_1 \times A_2$ $P_g = 30,00 \times 20,09$ $P_g = 603$ kg

Numune üzerine uygulanan net kuvvet (P_n):

$P_n = P - P_g$ $P_n = 6250 - 603$ $P_n = 5647$ kg.

Buna göre üç eksenli basınç dayanımı ise,

$$\sigma = \frac{P_n}{A} \quad \sigma = \frac{5647}{22,90} \quad \sigma = 246,60 \text{ kg/cm}^2$$

Yapılan bu deney sonuçlarının aritmetik ortalamasından, tavan kömüründen alınan karot numuneler üzerine basınç kabında 200 kg/cm² su basıncı uygulandıktan sonra, 30 kg/cm² yanıl su basıncı altında basınç kabında bulunan üç eksenli basınç dayanımı ortalama $\sigma_{ort} = 207,30$ kg/cm² olarak bulunmuştur. Bu deney sonuçları Çizelge 8.10'da verilmiştir.

8.3.5. Basınç kabında kömür numuneleri üzerine 200 kg/cm² su basıncı uygulandıktan sonra tek eksenli basınç dayanımının bulunması.

Kömürden alınan 6 adet karot numune üzerine basınç kabında 200 kg/cm² su basıncı 5 dakika süre ile uygulanmış, daha sonra bu numuneler aynı kap içerisinde yanıl su basın-

cı sifıra düşürülerek (Basınç kabındaki su boşaltılarak.) tek eksenli basınç dayanımı deneyleri yapılmıştır.

Bu deney sonuçlarına göre yapılan hesaplamalar şöyledir:

Numune çapı (D).....= 5,40 cm
 Numune boyu (L).....= 8,75 cm
 Piston çapı (D₁).....= 7,40 cm
 Gevşetme (Enjeksiyon) için uygulanan su basıncı (P_{su}).....= 200 kg/cm²
 Uygulanan yanıl su basıncı (P₁)= 0,00 kg/cm²
 Uygulanan toplam kuvvet (P)....= 1100 kg

Buna göre,

Numune kesit alanı (A)= 22,90 cm²

Piston kesit alanı (A₁)= 42,99 cm²

Piston ile numune arasında kalan (Su ile temas eden) kısmın alanı (A₂)

A₂= A₁ - A A₂= 42,99 - 22,90 A₂= 20,09 cm²

Pistona su tarafından geri uygulanan toplam kuvvet (P_g)

P_g= P₁ X A₂ P_g= 0,00 X 20,09 P_g= 0,00 kg.

Numune üzerine uygulanan net kuvvet (P_n):

P_n= P - P_g P_n= 1100 - 0,00 P_n= 1100 kg.

Tek eksenli basınç dayanımı,

$\sigma = \frac{P_n}{A}$ $\sigma = \frac{1100}{22.90}$ $\sigma = 48,03 \text{ kg/cm}^2$

Yapılan bu deney sonuçlarının aritmetik ortalamasından, tavan kömüründen alınan karot numuneler üzerine basınç kabında 200 kg/cm² su basıncı uygulandıktan sonra, bulunan tek eksenli basınç dayanımı ortalama $\sigma_{ort}=49,54$ kg/cm² olarak bulunmuştur. Deney sonuçları Çizelge 8,11 da verilmiştir.

Çizelge 8.11 : Tavan kömüründen alınan karot numunelere, basınç kabında 200 kg/cm² su basıncı uygulandıktan sonra, tek eksenli basınç dayanımı deney sonuçları

NUMUNE NO	NUMUNE ÇAPI (Cm)	NUMUNE BOYU (Cm)	NUMUNE KESİT ALANI (Cm ²)	NUMUNE ÜZERİNE UYGULANAN TOPLAM KUVVET (kg)	UYGULANAN SU BASINCI (kg/cm ²)	UYGULANAN YANAL KUVVET (kg/cm ²)	PİSTON İLE NUMUNE ARASINDA KALAN KISMIN ALANI (Cm ²)	PİSTONA SU TARAFINDAN GERİ UYGULANAN TOPLAM KUVVET (kg)	NUMUNE ÜZERİNE UYGULANAN TOPLAM NET KUVVET (kg)	NUMUNE ÜZERİNE BİRİM ALANA UYGULANAN KUVVET (kg/cm ²)	AÇIKLAMA
1	5,40	7,50	22,90	—	200,00	—	22,09	—	—	—	Basınç kabında 200 kg/cm ² su basıncında kendiliğinden kırıldı.
2	5,40	8,75	22,90	1100	200,00	—	22,09	—	1100	48,03	
3	5,40	6,85	22,90	1275	200,00	—	20,90	—	1275	56,67	
4	5,40	9,50	22,90	1225	200,00	—	20,90	—	1225	53,49	
5	5,40	8,10	22,90	1050	200,00	—	20,90	—	1050	45,85	
6	5,40	8,80	22,90	1000	200,00	—	20,90	—	1000	43,66	
ORTALAMA	5,40	8,25	22,90	1130	200,00	—	20,90	—	1130	49,34	

9. YAPILAN TEORİK HESAPLAMALAR

9.1. Yalancı Tavan Kalınlığının Belirlenmesi

Taban ayak üzerinde oluşan yalancı tavan kalınlığının belirlenmesi, ayak arkasında doğal dolgunun oluşması için gerekli olan tavan kalınlığı göz önüne alınarak yapılabilir. Bu durumda yalancı tavan kalınlığı (h),

$$h + m = h \times k$$

$$h = \frac{m}{k - 1}$$

olur. Burada m ayak yüksekliğini, k ise tavan taşının hacimsel kabarma katsayısını ifade etmektedir. Burada ayak yüksekliğini (m) 2,20 m. , tavan kömürünün kabarma katsayısını, kömürün iri parçalar halinde kırıldığını da göz önüne alarak, k=1,60 kabul ettiğimizde,

$$h = \frac{2,20}{1,60 - 1} = 3,66 \text{ m.}$$

olmaktadır. Burada, taban ayak üzerinde oluşan ve ilk an-göçen yalancı tavanın (kömürün) kalınlığı 3,66 m. olmakta ve ayak arkasından kömür alındıkça daha üstte bulunan kömür ve tavan taşı (marn) göçmeye devam etmektedir. Bu aşamada marn, gerek "Zayıf Kayaç" olması nedeniyle hemen kırılmakta, gerekse yoğunluğunun kömüre nazaran daha fazla olması nedeniyle de hızla göçmüş kömür içine, ayak arkasından kömür çekildikçe karışmaktadır.

Ayak arkasından alınan kömüre karışan taş oranını bilmek, kömüre karışan tavan taşı kalınlığının hesaplanmasını mümkün kılacaktır

Kömürün yoğunluğu $1,5 \text{ ton/m}^3$, arakesme kilinin yoğunluğu $2,27 \text{ ton/m}^3$ ve marnın (tavan taşının) yoğunluğu $2,50 \text{ ton/m}^3$ tür.

Birim alandaki kömürün içinde bulunan arakesmelerin toplam ağırlığı,

Toplam arakesme kalınlığı X Arakesme yoğunluğudur.

$$0,90 \times 2,27 = 2,043 \text{ ton}$$

Birim alandaki kömürün ağırlığı:

Kömürün kalınlığı X kömürün yoğunluğudur

$$7,10 \times 1,50 = 10,650 \text{ ton.}$$

Birim alandaki arakesme ve kömürün toplam ağırlığı = 12,693 ton dur.

Bu durumda kömür içindeki arakesmelerin ağırlıkça oranı:

$$2,043 / 10,650 = 0,192 \quad (\% 19,2)$$

olarak bulunmaktadır.

Kömür üretimindeki toplam taş oranı (tavan taşı + arakesme) % 56,55 olarak bilinmektedir (Bölüm 7.3.1). Birim alandaki üretim ve arakesmenin ağırlığından arakesmelerin ağırlıkça oranının % 19,20 olduğu hesaplanmıştır. Bu durumda, kömür içindeki taşın ağırlıkça % 19,20 arakesmelerden geliyorsa % 37,35'i tavan taşından gelecektir.

Bu durumda göçen tavan taşının kalınlığı:

% 19,20 oranı toplam 90 cm kalınlığındaki 2,27 ton/m³ yoğunluktaki arakesmeye eşdeğer oluyorsa, % 37,35 oranı 2,5 ton/m³ yoğunluğundaki 1,60 m. kalınlıktaki tavan taşına eşdeğer olmaktadır.

t_1 = Kömüre karışan arakesmenin tavan taşı cinsinden (2,50 ton/m³ yoğunluğa göre) kalınlığı

$$t_1 = \frac{2,27}{2,50} \times 0,90 \quad t_1 = 0,82 \text{ cm}$$

t_2 = Kömüre karışan tavan taşı karışma oranına göre, kömüre karışan tavan taşı kalınlığı

$$t_2 = t_1 \times \frac{37,35}{19,20} \quad t_2 = 0,82 \times \frac{37,35}{19,20} = 1,60 \text{ cm}$$

$$t_2 = 1,60 \text{ cm.}$$

Kömüre karışan tavan taşı 1,60 m. kalınlığa eşdeğer olmaktadır.

Şüphesiz bu, tavan taşının sadece 1,60 m. lik bir kalınlığı göçecek demek değildir. 8 metrelik kömürün tamamının (Damar kalınlığının tamamı.) alındığında ise, üstte ilk aşamada göçecek tavan kalınlığı ne olur diye düşünüldüğünde,

$$h = \frac{m}{(k-1)}$$

$$h = \frac{8}{(1,7-1)} = 11,42 \text{ m.}$$

bir kalınlık veya buna yakın bir kalınlığın göçmesi beklenmelidir.

Ayak aynasındaki ara kesme kalınlığı 25 cm, tavan kömüründeki arakesme kalınlığı ise toplam 65 cm. dir. Toplam arakesme kalınlığının % 72 si ayak arkasından alınmaktadır. Bu durumda tavan kömüründe birim alandaki toplam arakesme ağırlığı,

$$0,65 \times 2,27 = 1,475 \text{ ton.}$$

Birim alandaki kömürün ağırlığı,

$$5,5 \times 1,5 = 7,725 \text{ ton.}$$

$$\text{Toplam ağırlık (Kömür + Arakesme)} = 9,200 \text{ ton.}$$

Tavan kömürü içindeki arakesmelerin ağırlıkça oranı,

$$1,475 / 9,200 = 0,16 \quad (\% 16)$$

olarak bulunur.

1,60 metre kalınlığındaki marn ayak arkası üretimine karıştığına göre, birim alandaki marn ağırlığı,

$$1,60 \times 2,5 = 4 \text{ ton olmaktadır.}$$

Böylece ayak arkası birim alan için üretimler: 1,475 ton arakesme, 7,725 ton kömür, 4 ton marn (Tavan taşı) olmak üzere toplam 13,200 ton olmaktadır. Ayak arkası üretiminin ağırlıkça % 11,2 si arakesme, % 58,5 i kömür, %30,3 ü de tavan taşı (marn) olmaktadır.

Yapılan teorik hesaplamalar sonucunda, ayak arkasında göçecek yalancı tavan kalınlığının 3,66- 11,42 metrelik bir tavan taşı kalınlığına eşdeğer olmaktadır.

9.2. Ayaklarda Tavan Basıncı

Uzunayaklarda tavan basıncının hesaplanmasında birçok yaklaşımlar vardır. Göçertmeli olarak çalışan bir uzunayakta, ayak arkası, yalancı tavanın kırılması sonucu meydana gelen tavan taşı ile dolmaktadır. Yalancı tavanın hemen üzerindeki ana tavanın oluşturduğu derinlik basıncı, arında kömür ve ayak arkasında göçük dolgusu tarafından taşınmaktadır. Arın ile göçük zonu ana tavanın doğal mesnetleri olmaktadır. Uzunayaklardaki tahkimat ise, sadece yalancı tavanın statik (ölü) ağırlığını taşıyacaktır (Birön ve Arıoğlu, 1985). Tavan basıncını veren formül:

$$C_t = \gamma \times h$$

γ = Tavan taşının yoğunluğu

h = Yalancı tavan yüksekliği

olmaktadır. Burada önemli olan yalancı tavan yüksekliğinin bulunmasıdır. Bulunan yalancı tavan yüksekliği 3,66-11,42 metre arasında değişmektedir (Bölüm 9.1).

Ayaklarda oluşacak yalancı tavan kalınlığı, ayak arkası üretiminin her safhasında değişmekte olup, ayak arkasından ilk kömür üretiminin başlamasından itibaren 3,66 m. ile 11,42 m. (Ayak arkasında tavan kömürünün tamamının göçtüğü ve göçen kömürün tamamının ayak arkasından çekildiği durum.) arasında değişmektedir. Oluşan yalancı tavan kalınlığına bağlı olarak, tahkimat üzerinde oluşacak tavan basın-

cı da değişmektedir.

Buna göre, ayak arkasından kömür üretimi başlamadan önce, tahkimat üzerinde oluşacak tavan basıncı:

$$\sigma_t = \gamma_1 \times h_1$$

$$\sigma_t = 1,50 \times 3,66 = 5,50 \text{ ton/m}^2$$

$$\sigma_t = 5,50 \text{ ton/m}^2$$

γ_1 = Tahkimat üzerindeki kömür yoğunluğu (1,5 ton/m³)

h_1 = Tahkimat üzerinde ilk anda oluşacak yalancı tavan kalınlığı (3,66 m.)

Damar kalınlığının tamamının üretildiğinin varsayıldığı durumda ise, tahkimat üzerinde oluşabilecek tavan basıncı şöyle olmaktadır:

$$\sigma_t = \gamma_1 \times h_1 + \gamma_2 \times h_2$$

γ_1 = Kömür yoğunluğu (1,50 ton/m³)

γ_2 = Tavan taşının yoğunluğu (2,50 ton/m³)

h_1 = Tahkimat üzerinde kalan kömür kalınlığı (6,00 m.)

h_2 = Tahkimat üzerinde oluşan yalancı tavandaki tavan taşı kalınlığı (11,42-6,00 = 5,42 m.)

Bu şartlarda tavan basıncı (σ_t):

$$\sigma_t = 1,50 \times 6,00 + 2,5 \times 5,42 = 9,00 + 13,55 = 22,55 \text{ ton/m}^2$$

$$\sigma_t = 22,55 \text{ ton/m}^2$$

Ayak arkasının doğal dolğusu şartına dayanan yük yaklaşımına göre, ayak arkasında tavan kömürünün her zaman tamamının göçmediği, göçen kömürün de tamamının üretilemediği düşünülürse, ayak tahkimatı üzerinde oluşacak tavan basıncı 5,50 ile 22,55 ton/m² arasında değişecektir.

Sıska yaklaşımına göre ayaklarda tahkimat üzerinde oluşacak tavan basıncı ise:

SISKA, uzunayak için tavan basıncını ilave işletme ve doğal faktörleri de göz önüne alarak

$$C_t = \gamma \times \alpha_1 \times \alpha_2 \times \alpha_3 \times \frac{1}{K-1} \times m$$

formülü ile verilmektedir (Birön ve Arıoğlu, 1985).

Burada:

α_1 : Yalancı tavanın göçertme sırasında gösterdiği gecikmeyi ifade eder. Bilindiği gibi, sert tavan taşları kolaylıkla geçmezler. Göçertme hattını oluşturan damlar ilerideki haveye alındıkları halde (Şekil 9.1) de gösterildiği gibi, belirli bir geometride tavan taşı askıda kalır. Diğer bir deyişle, tavanın konsol kısmı kendi kendini taşımaktadır. Söz konusu faktör aşağıdaki eşitlikten hesaplanabilir. Kolayca görülebileceği gibi, kırılabilen tavan taşı için $\alpha_1 = 1$ 'dir.

$$\alpha_1 = \frac{V_t + V_a}{V_t}$$

V_t : Ayakta tahkim edilen alanın hacmi (Şekil 9.1 a)

V_a : Askıda kalan (göçmeyen kısmın) bloğun hacmi, (Şekil 9.1 a).

α_2 = Ayak arkasındaki dolgunun cinsi ile ilgili faktör olup, çizelge 9.1'deki değerleri almaktadır.

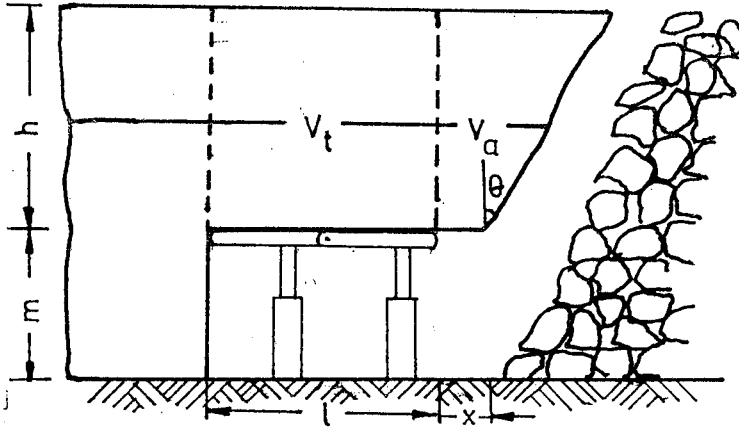
Çizelge 9.1 : Çalışma sistemine göre tavan gecikme faktörü

Dolgu cinsi	" α_2 "
Göçertme	1
Elle dolgu	0,7
Pnömatik	0,5
Hidrolik	0,12

α_3 : Yalnız tavan tabakasının ayak açıklığı boyunca kendi kendini taşıma kapasitesini tanımlayan faktör (Şekil 9.1 b). Bu faktör özellikle tavan taşının mekanik büyüklüğüne bağlıdır. Prof. SİSKA, α_3 faktörü için Çizelge 9.2'de verilen değerleri teklif etmektedir. α_3 faktörünün tanımı Şekil 9.1'de belirtilmiştir. Burada:

V_1 : Tahkimatsız ayakta göçen bloğun hacmi

V_t : Yalancı tavanın hacmini göstermektedir.



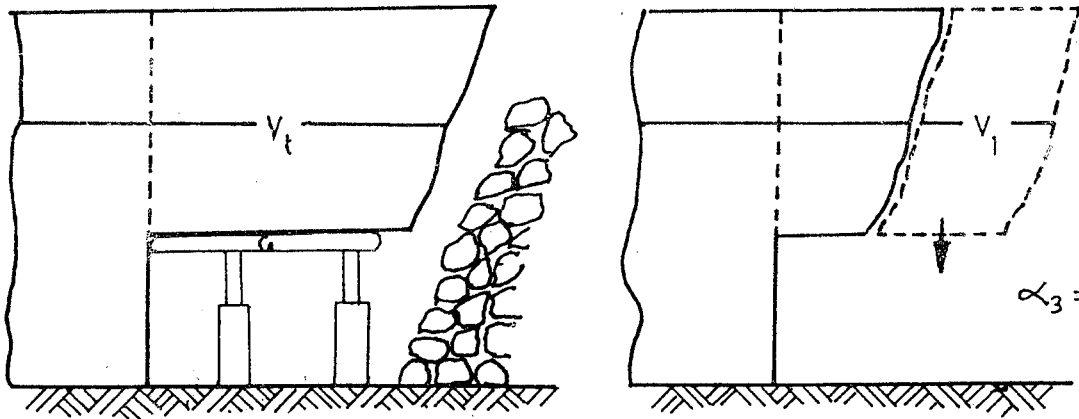
$$\alpha_1 = \frac{V_t + V_a}{V_t}$$

a)

Zor göçen tavan şartlarında $\alpha > 1$

Kolay göçen tavan şartlarında $\alpha \approx 1$

b)



$$\alpha_3 = \frac{V_1}{V_t}$$

Şekil 9.1 : Tavan kömürünün kendi kendini taşıma gücü.

Çizelge 9.2 : Tavanın kendi kendini taşıma faktörü

Tavan taşı	Ayak arkası doldurulması	" α_3 "	Tavan tasının livolojisi
Kolayca göçebilen tavan (1. Kategori)	Göçertme Pnömatik	0,75 0,40	Kalın killi sist bant. İnce killi sist bantl.
Muntazam göçen, bazan geciken tavan (2. kategori)	Göçertme Pnömatik	0,50 0,35	Çok değişken killi sist, ince, çok ince ve orta taneli kum- taşları.
Sağlam tavan (zor göçen tavan) (3. kategori)	Göçertme Pnömatik	0,40 0,35	Kalın bantlı killi sist. İri taneli kumtaşı ve konglemera

Göçertmeli çalışma şartlarında, muntazam göçen bazan geciken tavanlar için, $\alpha_3 = 0,50$ alınabilir.

Bu verilere göre, SSKA yaklaşımına göre, yalancı ta-
van kalınlığı dikkate alınarak tahkimat üzerine gelen yük-
ler şöyle bulunabilir :

Başlangıçta oluşacak yalancı tavan kalınlığı ($h = 3,66m$)
için, tahkimat üzerinde oluşacak tavan basıncı (σ_t) :

$$\sigma_t = \gamma \times \alpha_1 \times \alpha_2 \times \alpha_3 \times \frac{1}{K - 1} \times m$$

$$\gamma = \text{Kömür yoğunluğu (1,50 ton/m}^3 \text{)}$$

Ayak arkasında göçme sırasında oluşan geometrik şart-
lar göz önüne alınarak yapılan hesaplamada, α_1 şöyle bu-
lunur :

$$\alpha_1 = \frac{V_t + V_a}{V_t}$$

V_t : Ayakta tahkim edilen alanın hacmi

V_a : Askıda kalan bloğun hacmi

$$\alpha_1 = \frac{(3,75 \times 3,66) + (0,5 \times 3,66 + 3,66 \times \text{tg } 40^\circ)}{(3,75 \times 3,66)}$$

$$\alpha_1 = \frac{13,725 + 1,83 + 3,071}{13,725} = 1,36$$

$$\alpha_1 = 1,36$$

olmaktadır.

α_2 değerini ise 1 olarak alabiliriz. Göçertmeli çalışan ayaklarda $\alpha_2 = 1$ alınır (Çizelge 9.1.)

α_3 değeri ise, muntazam göçen, bazan geciken tavanlar için $\alpha_3 = 0,50$ alınır (Çizelge 9.2.).

K : Tavan taşının kabarma katsayısıdır. $K = 1,6$ alınabilir. (kömür ve tavan taşı için)

m : Çalışılan damar kalınlığı (Ayak yüksekliği)
m = 2. m.

Bu verilere göre tavan basıncı σ_t :

$$\sigma_t = \gamma \times \alpha_1 \times \alpha_2 \times \alpha_3 \times \frac{1}{K - 1} \times m$$

$$\sigma_t = 1,50 \times 1,36 \times 1 \times \frac{1}{1,6 - 1} \times 2 = 3,40 \text{ ton/m}^2$$

$$\sigma_t = 3,40 \text{ ton/m}^2 \text{ olarak bulunur.}$$

Oluşan yalancı tavan kalınlığının 11,42 m. olduğu (8 metrelik damarın tamamının üretildiği) durumda SSKA yaklaşımına göre, ayaklarda oluşacak tavan basıncı şöyle olmaktadır.

$$\sigma_t = \gamma \times \alpha_1 \times \alpha_2 \times \alpha_3 \times \frac{1}{K - 1} \times m$$

$$\gamma = \text{Tavan taşının yoğunluğu (} 2,5 \text{ ton/m}^3 \text{)}$$

Ayak arkasında göçme sırasında oluşan geometrik şartlar göz önüne alınarak yapılan hesaplamada, α_1 şöyle bulunabilir :

$$\alpha_1 = \frac{V_t + V_a}{V_t}$$

$$\alpha_1 = \frac{(3,75 \times 11,42) + (0,5 \times 11,42 + 11,42 \times \text{tg } 40^\circ)}{(3,75 \times 11,42)}$$

$\alpha_1 = 1,36$ değerini alır.

α_2 değerini ise 1 olarak alabiliriz. Göçertmeli çalışan ayaklarda $\alpha_2 = 1$ alınır (Çizelge 9.1).

α_3 değeri ise, muntazam göçen, bazan geciken tavanlar için $\alpha_3 = 0,50$ alınabilir (Çizelge 9.2).

K : Tavan taşının kabarma katsayısıdır. (K= 1,6 alınabilir.)

m : Çalışılan damar kalınlığı. (m= 8 metre)

Bu verilere göre, SSKA yaklaşımına ayaklarda oluşacak tavan basıncı σ_t :

$$\sigma_t = \gamma \times \alpha_1 \times \alpha_2 \times \alpha_3 \times \frac{1}{K - 1} \times m$$

$$\sigma_t = 2,5 \times 1,36 \times 1 \times 0,5 \times \frac{1}{1,6 - 1} \times 8$$

$\sigma_t = 22,67 \text{ ton/m}^2$ olarak bulunur.

Ayaklarda, tahkimat üzerine gelecek tavan basıncı, iki değişik şekilde hesaplanmıştır. Yalancı tavan kalınlığına dikkate alınarak yapılan hesaplamada, ayaklarda oluşacak tavan basıncı, $5,50 \text{ ton/m}^2$ ile $22,55 \text{ ton/m}^2$ arasında değişmektedir. İşletme ve doğal faktörleri de göz önüne alan SSKA yaklaşımına göre ise, ayaklarda oluşacak tavan basıncı da, $3,40 \text{ ton/m}^2$ ile $22,67 \text{ ton/m}^2$ arasında olmaktadır. Ayak arkasından çekilen kömür ve taş oranının artması

ile ayak tahkimatının bozulmaya başlamasının nedeni, ayaklardaki tavan basıncının artmasıdır. Günhan PAŞAMEHMETOĞLU da 42 Panoda yerinde yaptığı ölçüm ve gözlemler ile, göçen tabaka (tavan taşı) kalınlığını 4 metre, tahkimata gelen yüklerin de $9,20 \text{ ton/m}^2$ olduğunu tespit etmiştir (Akdaş, 1984). Ayaklarda oluşabilecek maksimum tavan basıncı ortalama 23 ton/m^2 olarak kabul edilebilir.

Ayaklarda kullanılan hidrolik direklerin taşıma kapasitesi nominal 40 tondur. Halen uygulanmakta olan tahkimat düzeni ($1,07 \text{ direk/m}^2$ lik tahkimat yoğunluğu) ayaklarda oluşacak tavan basıncını karşılayabilecektir.

9.3. Ayaklarda Tavanın Kırılma Mesafelerinin Bulunması

Basınç direnci ve eğilme direnci arasındaki ampirik bağıntılardan gidilerek, ayak arkasında tavanın kırılma mesafeleri bulunabilir.

Ayak arkasında tavanın kırılması ve göçmesi, kayacın eğilme dayanımının aşılması sonucu olacaktır (Birön ve Arıoğlu, 1985).

Ayaklarda (Ayak arkasında) tavanın kırılması sırasında, tavanın ayak arkasındaki son tahkimat elemanından itibaren konsol giriş gibi çalıştığı görülmektedir (Şekil 9.2).

Ayak arkası kırılma mesafelerini eğilme dayanımlarından (σ_e) gidilerek, bakir kömürde, kömüre basınç kabında 200 kg/cm^2 su basıncı uygulandıktan sonra kömürde ve tavan taşında bulalım :

1. Bakir kömürün eğilme dayanımı (σ_e) :

$$\sigma_e = 0,095 \times \frac{\sigma_{b1} (\text{Ton/m}^2)}{n} \quad (\text{Birön ve Arıoğlu, 1985})$$

σ_e : Kömürün eğilme dayanımı (Ton/m^2).

$$n = \frac{\sigma_{bl}}{\sigma_b} \quad (\text{Birön ve Arıoğlu, 1985})$$

n : Kayacın (Bakir kömürün) yerinde basınç dayanımının laboratuvar basınç dayanımına oranı.

$$\sigma_{bl} : \text{Kayacın (Bakir kömürün) yerinde basınç dayanımı} \\ \sigma_{bl} = 300 \text{ kg/cm}^2 \quad (\text{Bölüm 2, Şekil 2.3})$$

$$\sigma_b : \text{Kayacın (Bakir kömürün) laboratuvar basınç dayanımı} \\ \sigma_b = 100,21 \text{ kg/cm}^2 \quad (\text{Bölüm 8.1.1})$$

$$n = \frac{\sigma_{bl}}{\sigma_b} = \frac{300}{100,21} = 2,99$$

$$n = 2,99$$

$$\sigma_e = 0,095 \times \frac{1002,1}{2,99} = 31,8$$

$$\underline{\sigma_e = 31,8 \text{ ton/m}^2}$$

2. Kömüre basınç kabında 200 kg/cm^2 su basıncı uygulanıp kömür gevşetildikten sonra, kömürün eğilme dayanımı (σ_{el}) :

$$\sigma_{el} = 0,095 \times \frac{\sigma_{bl} \text{ (ton/m}^2\text{)}}{n} \quad (\text{Birön ve Arıoğlu, 1985})$$

σ_{el} : Kömüre basınç kabında 200 kg/cm^2 su basıncı uygulandıktan ve kömür gevşetildikten sonra, kömürün eğilme dayanımı.

$$n = \frac{\sigma_{bl}}{\sigma_b} \quad (\text{Birön ve Arıoğlu, 1985})$$

n : Kayacın (Kömürün) yerinde basınç dayanımının laboratuvar basınç dayanımına oranı.

$$\sigma_{bl} : \text{Kayacın (Kömürün) yerinde basınç dayanımı} \quad \sigma_{bl} = 300 \text{ kg/cm}^2 \quad (\text{Bölüm 2, Şekil 2.3})$$

σ_b : Kayacın (Gevşetilmiş kömürün) laboratuvar basınç dayanımı $\sigma_b = 49,34 \text{ kg/cm}^2$ (Bölüm 8.3.5).

$$n = \frac{\sigma_{bl}}{\sigma_b} = \frac{300}{49,34} = 6,08$$

$$n = 6,08$$

$$\sigma_{el} = 0,095 \times \frac{493,4}{6,08} = 7,71$$

$$\underline{\sigma_{el} = 7,71 \text{ ton/m}^2}$$

3: Tavan taşının eğilme dayanımı (σ_{et}) :

$$\sigma_{et} = 0,095 \times \frac{\sigma_{bl} \text{ (ton/m}^2\text{)}}{n} \text{ (Birön ve Arıoğlu, 1985)}$$

σ_{et} : Tavan taşının eğilme dayanımı

$$n = \frac{\sigma_{bl}}{\sigma_b} \text{ (Birön ve Arıoğlu, 1985)}$$

n : Tavan taşının yerinde basınç dayanımının laboratuvar basınç dayanımına oranı.

σ_{bl} : Tavan taşının yerinde basınç dayanımı $\sigma_{bl} = 600 \text{ kg/cm}^2$ (Bölüm 2, Şekil 2.3)

σ_b : Tavan taşının laboratuvar basınç dayanımı $\sigma_b = 284,15 \text{ kg/cm}^2$

$$\sigma_b = \frac{349,34 \text{ (Bölüm 8.1.3)} + 218,95 \text{ (Bölüm 5.2.2)}}{2}$$

$$\sigma_b = 284,15 \text{ kg/cm}^2$$

$$n = \frac{600}{284,15} = 2,11$$

$$n = 2,11$$

$$\sigma_e = 0,095 \times \frac{2841,5}{2,11} = 127,9$$

$$\underline{\sigma_e = 127,9 \text{ ton/m}^2}$$

Ayak arkası kırılma mesafelerinin hesaplanması :

Ayak arkasında askıda kalan tavanda oluşacak maksimum eğilme momenti, tavan taşını oluşturan kayacın eğilme dayanımını aştığı zaman, tavan taşında ilk kırılma olayı meydana gelecektir.

Ayıklarda, askıda kalan tavanın oluşturacağı maksimum eğilme momenti :

$$M_{\text{māk.}} = \frac{q \times L^2}{2} \quad (\text{Birön ve Arıoğlu, 1985})$$

$$q = b \times t \times \gamma \quad (\text{Birön ve Arıoğlu, 1985})$$

q : Kiriş sistemini etkileyen düzgün yayılı yük, Ayak üzerindeki derinlik basıncı bakır zonlara transfer edileceğinden ferahlamış bir zon sözkonusudur. Ayrıca eğilme rijitidesi yalancı tavadan daha büyük olan ana tavadan bu aşamada herhangi bir yük iletimi mevcut değildir. Bu nedenle pratik olarak yalancı tavanın birim uzunluğunun ağırlığı, kabul edilen modelde kiriş sistemini etkileyen yayılı yüküdür.

γ : Yalancı tavanın yoğunluğu

t : Yalancı tavanın kalınlığı

L : Ayak arkasındaki son tahkimat elemanından sonra, ayak arkasında askıda kalan yalancı tavanın uzunluğu

Damarda, 2,20 metre yüksekliğinde bir taban ayak çalışması halinde, ayaklarda kömür içinde oluşacak yalancı tavan kalınlığı 3,66 metre olmaktadır (Bölüm 9.1)

8 metrelik damarın tamamının alınmasından sonra, ayaklarda oluşacak yalancı tavan kalınlığı maksimum 11,42 metre olmaktadır (Bölüm 9.1). Laboratuvar sonuçlarından elde edi-

len değerlerden istifade edilerek yapılan hesaplamalarda, ayak arkası ürejinine karışan tavan taşı miktarı, 1,60 metre kalınlıkta tavan taşına eşdeğer olmaktadır (Bölüm 9.1)

Bakir kömürde ayak arkası kırılma mesafesinin bulunması :

Kömür içinde ilk anda oluşacak yalancı tavan kalınlığı 3,66 metredir. Damarın yapısında bulunan arakesmelerden B Kili Ve Sarı Kil bu kısımda bulunmaktadır.

Bu durumda tavanda oluşacak yayılı yükün hesabı (q) şöyle bulunabilir :

$$q = b \times t \times \gamma$$

$$q = b \times ((t_1 \times \gamma_1) + (t_2 \times \gamma_2))$$

t_1 : Yalancı tavandaki arakesme kalınlığı, $t_1 = 0,45$ m.

γ_1 : Arakesme kilinin yoğunluğu, $\gamma_1 = 2,27$ gr/cm³

t_2 : Yalancı tavanı oluşturan kömür kalınlığı $t_2 = 3,21$ m.

γ_2 : Kömürün yoğunluğu, $\gamma_2 = 1,50$ gr/cm³

Bu durumda (q) :

$$q = 1 \times ((0,45 \times 2,27) + (1,50 \times 3,21))$$

$$q = 1 \times (1,0215 + 4,815) = 5,84 \text{ ton/m}$$

$$q = 5,84 \text{ ton/m}$$

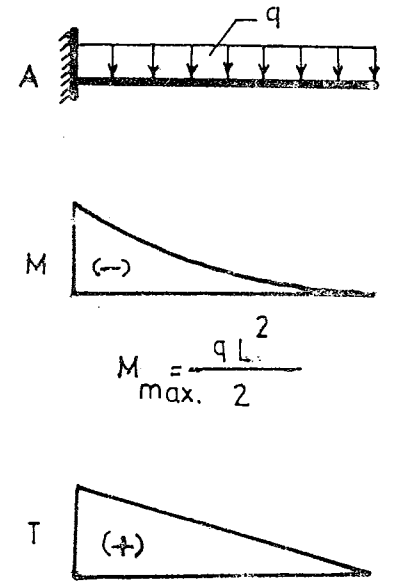
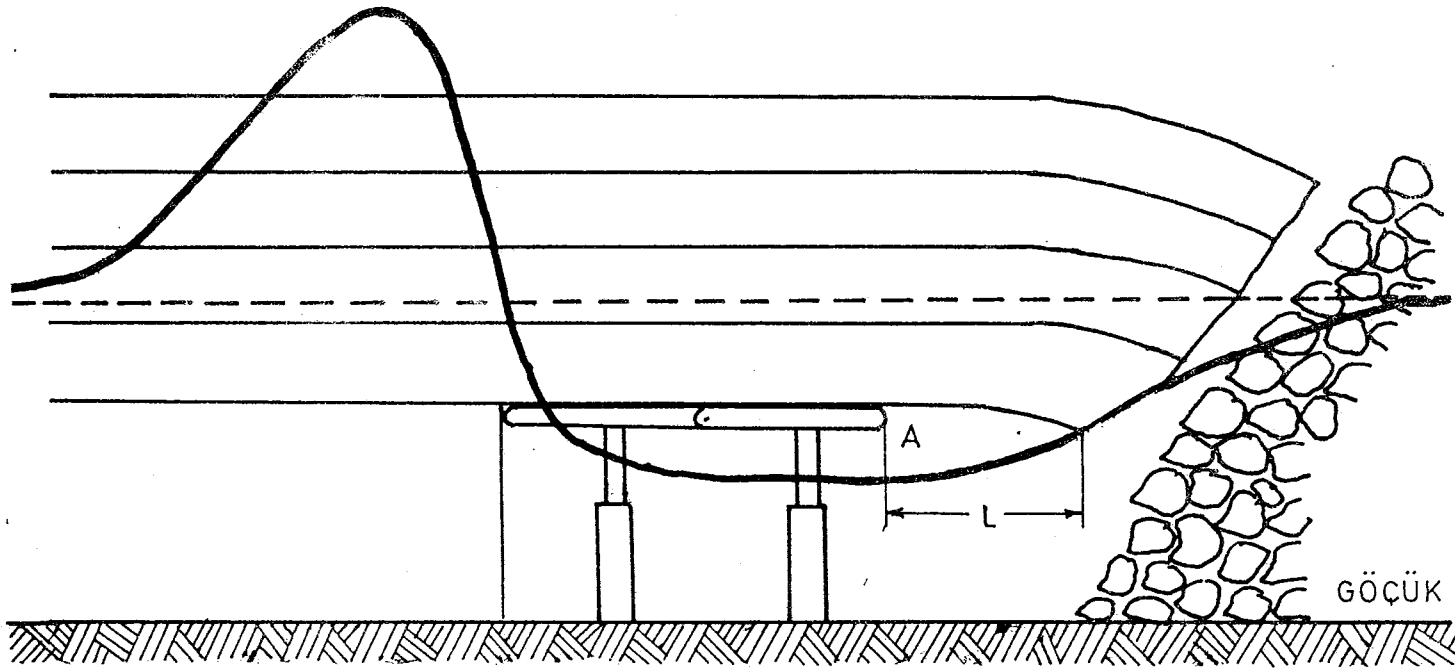
$$M_{\text{mak.}} = \frac{q \times L^2}{2}$$

$$M_{\text{mak.}} \geq \sigma_e \quad \text{Kırılma koşulu}$$

$$L^2 = \frac{M_{\text{mak.}} \times 2}{q} \quad L^2 = \frac{31,8 \times 2}{5,84} \quad L^2 = 10,896$$

$$L = 3,30 \text{ metre} \quad \text{olmaktadır.}$$

Şimdiki üretim sisteminde tavan kömürü normal şartlarda ayak arkasında son tahkimat elemanından itibaren maks-



Şekil 9.2 : Tavanın göçmesi esnasında ayak arkasının statik modeli

mum 3,30 metre sonra göçecektir. Bir başka deyişle tavan kömürü ayak arkasında normal şartlarda ayaktaki son tahkimat elemanından itibaren 3,30 metre mesafe içinde göçecektir.

Kömüre basınç kabında 200 kg/cm^2 basınçta su enjekte edilip, kömür gevşetildikten sonra, kömürün ayak arkasında kırılma mesafesi :

$$q = b \times t \times \gamma$$

$$q = b \times ((t_1 \times \gamma_1) + (t_2 \times \gamma_2))$$

t_1 : Yalancı tavandaki arakesme kalınlığı, $t_1 = 0,45 \text{ m}$.

γ_1 : Arakesme kilinin yoğunluğu, $\gamma_1 = 2,27 \text{ gr/cm}^3$

t_2 : Yalancı tavanı oluşturan kömür kalınlığı, $t_2 = 3,31 \text{ m}$.

γ_2 : Kömür yoğunluğu, $\gamma_2 = 1,50 \text{ gr/cm}^3$

Bu durumda (q) :

$$q = 1 \times ((0,45 \times 2,27) + (1,50 \times 3,21))$$

$$q = 1 \times (1,0215 + 4,815) = 5,84 \text{ ton/m}$$

$$q = 5,84 \text{ ton/m}$$

$$M_{\text{mak.}} = \frac{q \times L^2}{2}$$

$$M_{\text{mak.}} \geq \sigma_e \text{ Kırılma koşulu}$$

$$L^2 = \frac{M_{\text{mak.}} \times 2}{q} \quad L^2 = \frac{7,71 \times 2}{5,84} \quad L^2 = 2,65$$

$L = 1,62 \text{ metre}$ olmaktadır.

Kömüre 200 kg/cm^2 basınçta su enjekte edildikten sonra, ayak arkasında kömür maksimum 1,62 metre sonra göçmeye başlayacaktır. Yani kömür ayak arkasında son tahkimat elemanından itibaren 1,62 metre mesafede kırılıp göçecektir.

Yalancı tavanın ayak arkasında kırılma mesafesi :

Ayak arkasında oluşan yalancı tavan kalınlığı, en az 1,60 metre, en fazla da 11,42 metre olacaktır.

Tavan taşıını oluşturan marnın, bloklu (parçalı) ve tabakalı bir yapıya sahip olması nedeniyle ve marnın zamanla yorulmasına da bağlı olarak, tavan taşı ayak arkasında tedrici olarak göçecektir. Göçen tavan taşı kalınlığını, ayak arkasından kömürün tamamının çekilemediği ve ayak arkası doğal dolgu şartlarının tam olarak oluşmadığını da göz önüne alarak ortalama 3,90 metre olarak kabul edersek, $((11,42 - 3,66) / 2) = 3,90$ m., buna göre, ayak arkasında yalancı tavanın kırılma mesafesini şöyle bulabiliriz.

$$M_{\text{mak.}} = \frac{q \times L^2}{2}$$

$$q = b \times t \times \gamma$$

q : Kriş sistemini etkileyen yayılı yük.

b : Yalancı tavan genişliği (b = 1 birim alınır)

t : Yalancı tavan kalınlığı (t = 3,90 m.)

: Yalancı tavan yoğunluğu ($\gamma = 2,50 \text{ gr/cm}^3$)

L : Ayak arkasında son tahkimat elemanından sonra, ayak arkasında askıda kalabilen yalancı tavan uzunluğu (metre)

$$q = 1 \times 3,90 \times 2,50 = 9,75$$

$$q = 9,75 \text{ ton/m}$$

$M_{\text{mak.}} \geq \sigma_e$ Kırılma koşulu

$$L^2 = \frac{M_{\text{mak.}} \times 2}{q} \quad L^2 = \frac{127,9 \times 2}{9,75} \quad L^2 = 26,235$$

L = 5,13 metre olmaktadır.

Tavan taşı, ayaktaki son tahkimat elemanınından sonra, ayak arkasında maksimum 5,13 metre sonra göçecektir.

Bu durumda, tavan taşı ile, bakir kömür arasındaki teorik göçme mesafesi farkı maksimum $(5,13 - 3,30 = 1,82 \text{ m.})$ 1,82 metre olmaktadır. Kömüre 200 kg/cm^2 basınçta su enjekte edildikten sonra ise, tavan taşı ile kömür arasındaki göçme mesafesi farkı maksimum $(5,13 - 1,62 = 3,51 \text{ m.})$ 3,51 metre olmaktadır. Bu durumda, bakir kömür ile, kömüre 200 kg/cm^2 basınçta su ejekte edildikten sonra, gevşetilmiş kömür arasındaki maksimum göçme mesafesi oranı $3,51/1,82 = 1,92$ olmaktadır.

10. G.L.İ TUNÇBİLEK BÖLGESİ İDAME YERALTI OCAĞINDA, BASINÇLI SU ENJEKSİYONU İLE KÖMÜR GEVŞETME YÖNTEMİNİN TASARIMI.

10.1. Basınçlı Su İle Gevşetme.

Günümüz madenciliğinde ülkeler, kömürü patlayıcı madde ile gevşetme ve klasik kazı yöntemleri yerine, kendi teknolojilerinin ve jeolojik şartlarının elverdiği ölçüde, kömürü basınçlı su ile gevşetme veya basınçlı su ile kazı yoluna gitmektedirler.

Basınçlı su ile gevşetme metodunda su, düşük veya yüksek basınç altında, bazı durumlarda da su buharı olarak kömür içerisine, aynadan veya taban yollarından delinen delikler içerisinden enjekte edilir. Su kırık-çatlak sistemleri ve tabakalanma (klivaj) düzlemleri boyunca enjekte olarak, uygulanan su basıncına, jeolojik şartlara, kömür damarının yapısına ve kömürün mekanik dayanımına da bağlı olarak, kırık-çatlak sistemlerine, tabakalanma ve klivaj düzlemlerine enjekte olarak, buralardaki bağları ve kohezyonu zayıflatarak kömürün mekanik dayanımını düşürür. Ya da doğrudan kömür üzerinde kırılma ve parçalanma etkisi gösterir. Tabakalanma ve klivaj düzlemleri ile kırık-çatlak sistemlerine enjekte olan su, buralarda oluşan bir miktar kayaç tozunu da bağlar.

Basınçlı su ile gevşetme esas itibariyle iki yolla yapılmaktadır (Saltoğlu, 1970).

1. Kısa vadeli kömüre su verme
2. Uzun vadeli kömüre su verme

1. Kısa vadeli kömüre su verme : Kömürün su ile gevşetilmesi olayında, ayak aynasında 4-5 metre aralıklarla 1-1,5 metre uzunluğunda delikler delinip, bu deliklere yerleştirilen çeşitli su verme düzenleri yardımıyla, kömür içerisine su, basınç altında enjekte edilmektedir. Verilen suyun miktarı ve basıncı, kömürün özelliklerine bağlı olarak değişmektedir.

2. Uzun vadeli kömüre su verme : Kömür kazısı yapılacak bir ayağa veya panoya taban yollarından, ayak aynasından veya tavan taşından, damarı kesecek şekilde delikler delinir. Delinen bu delikler içerisinden kömüre, çeşitli su verme düzenleri yardımıyla, kömürün özelliğine göre yüksek basınç altında (100 kg/cm^2 ile 300 kg/cm^2 basınçta) su enjekte edilir.

Basınçlı su ile gevşetmenin faydaları :

1. Kömürü gevşetir ve mekanik dayanımını düşürür. Kazı esnasında, kömürün arından daha kolay kopmasına yardımcı olur. Kalın damarlarda, taban ayak veya tavan-taban ayak üretim yönteminde, ayak arkasında kömürün daha kolay göçmesini sağlar.
2. Kazı esnasında meydana gelen kömür tozu parçacıklarını bağlayarak, kazı ortamında, tozun en az duzeye inmesini sağlar.
3. Patlayıcı madde ile gevşetmeye nazaran ocak gazları yönünden daha emniyetlidir.
4. Tahkimat yönünden, ayak içi emniyeti bakımından, patlayıcı madde ile gevşetmeye nazaran çok daha emniyetlidir.
5. İnsan gücünden tasarruf sağlar. Uzun vadede patlayıcı madde ile gevşetmeye nazaran daha verimlidir (ekonomiktir).

Basınçlı su ile gevşetmenin sakıncaları :

1. Ocak havasının rutubetini (Nemini) artırır.
2. Havalandırmayı olumsuz yönde etkiler.
3. Kömür fazla nemli olursa, cevher hazırlamada sorunlar yaratabilir.
4. Tavan ve taban yollarına yakın yerlerden kömüre su verilirse, taban yollarının duraylılığını azaltır ve taban kabarmasına yol açabilir.

Ancak bütün bu sakıncalar, bilgili ve tecrübeli kişiler elinde tamamen ortadan kaldırılabilir. Dolayısıyla basınçlı su ile gevşetme, uygun şartlara sahip damarlarda uygulandığı zaman, kömür kazısında büyük kolalık ve verimliliğinde artış sağlamaktadır.

10.2. Delinecek Delik Yerleri Ve Düzenleri

Delinecek deliklerin yerleri, damarın jeolojisine, tektoniğine, tavan ve taban taşının durumuna bağlıdır. Açılan delikler damarın orta kısmının biraz üzerinden açılır. Açılan delikler mümkün mertebe damarda oluşan kırık çatlak sistemlerini kesecek şekilde yönlendirilmelidir.

Delikler içerisinden enjekte edilen su, kırık-çatlak sistemleri, tabakalanma ve klivaj düzlemlerinden dağılacığından, delinen deliklerin kırık-çatlak sistemlerini, tabakalanma ve klivaj düzlemlerini kesmeleri gerekmektedir. Delinen deliklerin, kırık-çatlak sistemleri ve tabakalanma düzlemlerini 70° - 90° 'lik açılar altında kesmeleri ile, basınçlı su enjeksiyonu için en uygun şartlar sağlanmış olur.

Basınçlı su enjeksiyonu sisteminde delikler, ayak aynasından çeşitli doğrultularda, taban yollarından ise, ayak aynasına paralel veya değişik açılar altında delinmelidir.

Tunçbilek şartlarında yerinde yapılan incelemelerde, Tunçbilek İdame Ocağı'ndaki mevcut çalışma sistemini aksatmadan, basınçlı su enjeksiyonu sisteminin mevcut çalışma sistemine adaptasyonu en uygun, taban yollarından delinen delikler içerisinden yapılabilecektir. Yerinde yapılan incelemelerde, 45 Panoda tabakalanma ve klivaj düzlemleri arasında gelişen kırık-çatlak sistemlerinin, bu düzlemlerle dik ve dike yakın açılar altında gelişme gösterdikleri görülmüştür. Damar eğiminin yaklaşık 8° olduğu kabul edilirse, bu durumda çatlak sistemlerinin yatayla yaklaşık 82° lik bir açı yaptıkları görülmektedir. Çatlak sistemlerinin doğrultuları kesin olarak saptanamamakla birlikte, 45 Panodaki ayaklarda yapılan gözlemlerde, motor başı ve kuyruk yollarındaki göçük zonlarında yapılan incelemelerden

bu çatlak sistemlerinin ayak aynasıyla yaptıkları açılımların yaklaşık olarak ortalama 40° civarında olduğu gözlenmiştir.

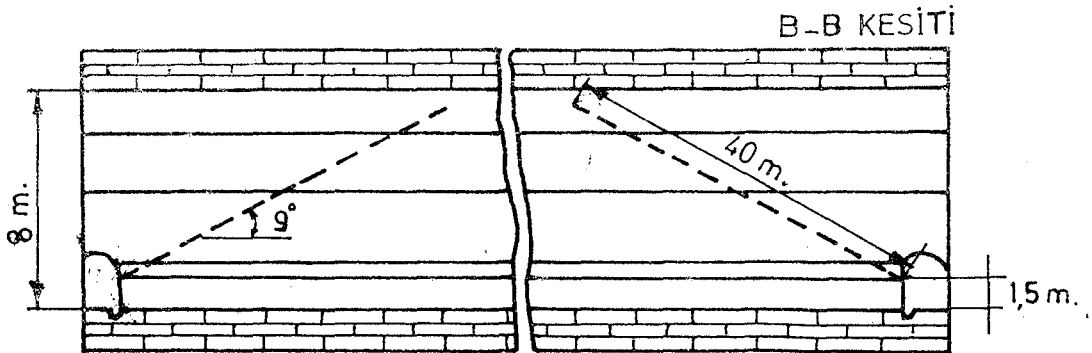
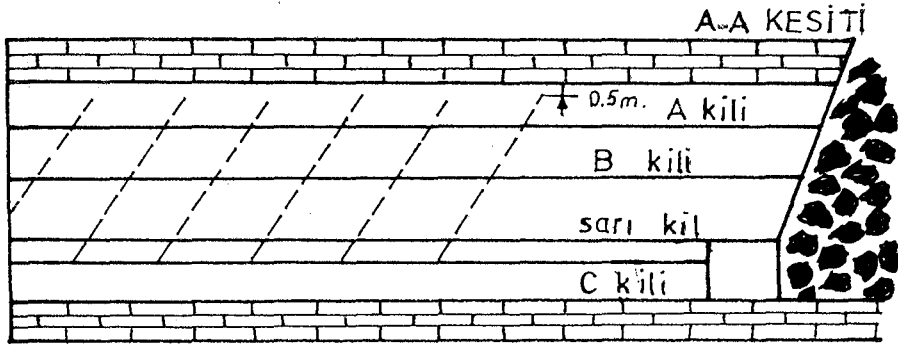
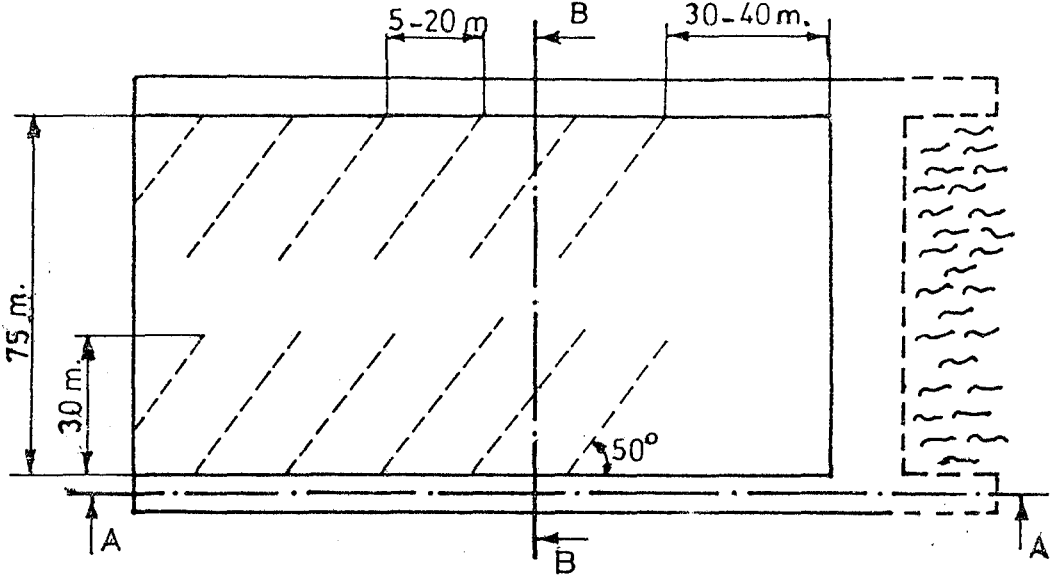
Bu durumda taban yollarından delinecek ilk delikler, ayak aynasının 30-40 metre önünden ve her iki taban yolundan karşılıklı olarak delinmelidir. Delinen delikler arasındaki mesafe kömürün geçirgenliğine göre değişmekle birlikte, 5-20 metre arasında olması beklenmektedir. Basıncılı su enjeksiyonu yapılacak ilk deliğin, ayak aynasından 30-40 metre ileride delinmesi, ayak içi emniyeti ve ayağın enjeksiyon suyundan en az şekilde etkilenmesi bakımından önemlidir. Böylece ayağın yaklaşık 30-40 metre önünde gevşetilmiş olan (Mekanik dayanımı düşürülmüş olan) kömür, ayak aynasının yaklaşık 5-10 metre önünde oluşan maksimum arazi basıncı altında daha da ezilip parçalanacaktır (Şekil 10.1.).

10.2.1. Delik çaplarının belirlenmesi

Basıncılı su enjeksiyonu için delinecek delik çaplarının, deliğe su verme düzeninin (Enjeksiyon aletinin) deliğe tam olarak oturtularak sızdırmazlığı sağlayacak şekilde olması gerekir. Bunun için delik çapının ne çok geniş ne de enjeksiyon aletinin delikten dışarı alınmasında zorluklar yaratacak kadar dar olmalıdır. Genellikle bu tür delikler, döner kesme ve delme işlemi yapan sondaj makineleri ile açılmakta ve delik çapları 40-45 mm. arasında olmaktadır. Seçilen matkap çapı, enjeksiyon aletinin en büyük çapına göre seçilmelidir. Delinecek delik çapları, gevşetme aletinin en büyük çapından 1-2 mm. daha büyük olarak seçilmelidir (Saltoğlu, 1970).

Deliklerin delinmesinde, yeraltı şartlarında galeri içinde (taban yollarında) çalışabilecek, elektrik enerjisi veya basıncılı hava enerjisi ile çalışabilen, en az 60 metre delik delme kapasitesine sahip, bir yeraltı sondaj makinası seçilmelidir. Seçilen sondaj makinasının, her doğrultuda delik delebilecek özellikte olması gerekir. Seçilen son-

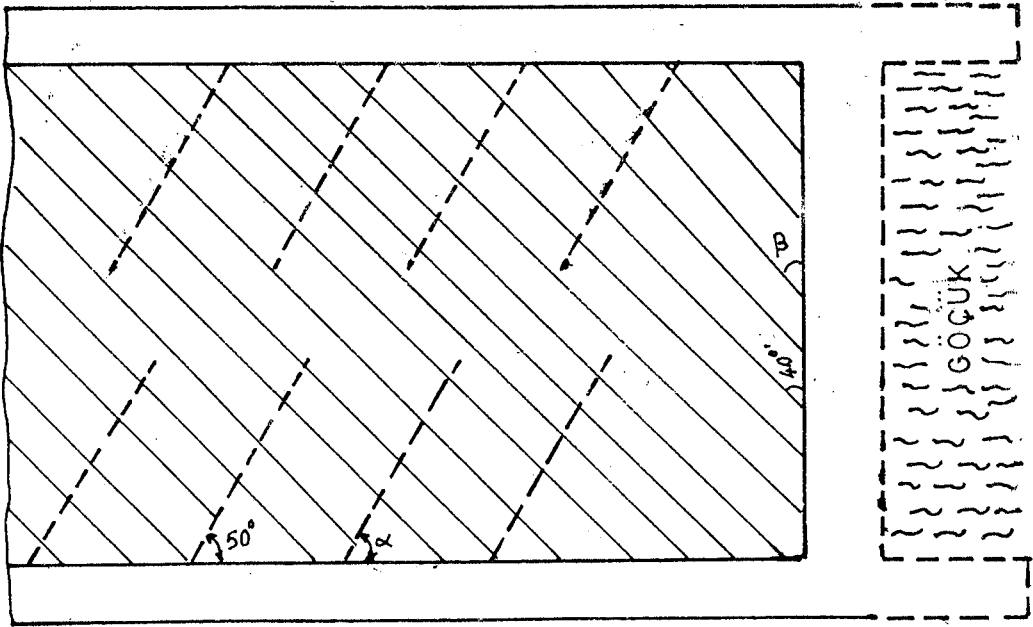
daj makinasının morseti, aynı anda hem takım dizisine, hem de muhafaza borularına dönme hareketi verebilecek özellikte olmalıdır.



Şekil 10.1 : Delik düzenleri plan ve kesitleri

10.2.2. Deliklerin galeri (taban yolu) eksenine göre açısının belirlenmesi

Delinen deliklerin, Pano ve Ayaklarda gelişen kırık-çatlak sistemlerini dik ve dike yakın açılar altında kesmeleri gerekmektedir. 51 Panoda gelişen çatlak sistemlerinin yerinde yapılan gözlem ve ölçümler sonucu, ayak aynasıyla yaklaşık olarak ortalama 40° lik (β) bir açı altında geliştikleri görülmektedir. Taban yollarından delinen deliklerin, bu çatlak sistemlerini dik ve dike yakın açılar altında kesebilmeleri için, taban yolu eksenine ile 50° lik bir açı altında (α) delinmeleri gerekmektedir. (Şekil 10.2).



Şekil 10.2 : Çatlak sistemleri ve delik düzenleri

10.2.3. Delik boylarının belirlenmesi

Delik boyları, uzunluğu ortalama 75 metre olan ayaklarda, suyun bütün ayak boyunca, enjekte edilebilmesini sağlayacak şekilde olmalıdır.

Delik boylarının belirlenmesinde şu hususlar göz önüne alınmıştır.

- Delikler taban yollarından 1,50 metre yükseklikten itibaren delinecektir.

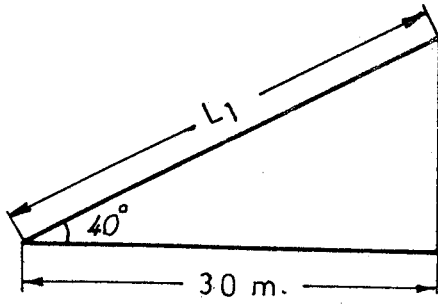
- Delikler tavan taşından en çok 0,50 metre mesafede olacaktır.

- Ayaklarda damar kalınlığı ortalama 3 metredir.

- Delikler taban yollarından karşılıklı olarak ayağın 30'ar metrelik kısmında delinecek, arada kalan 15 metrelik kısım ise enjekte edilen suyun etkisinde kalacaktır.

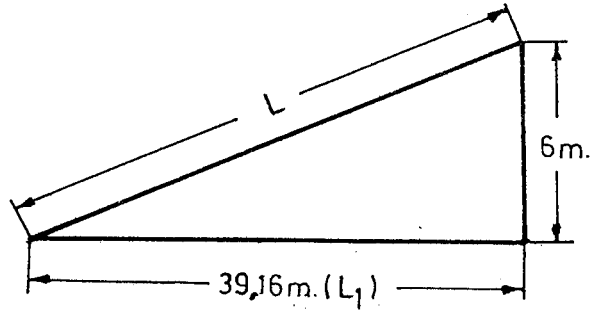
- Delikler taban yolu ile, taban yolunun birinde ayak önüne, diğerinde ayak arkasına doğru 50° lik açı yapacak şekilde delinecektir.

Yukarıdaki verilere bağlı olarak, diyagonal şeklindeki delik boyları 40 metre olarak hesaplanmıştır (Şekil 10.3)



$$L_1 = \frac{30}{\cos. 40^\circ}$$

$$L_1 = 39,16 \text{ m.}$$



$$L^2 = (39,16)^2 + (6)^2$$

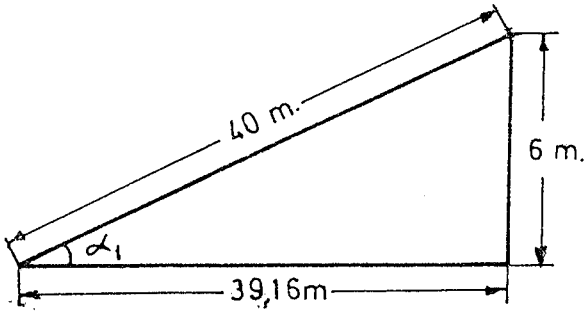
$$L = 39,61 \text{ m.} \approx 40 \text{ m.}$$

$$L = 40 \text{ m.}$$

Şekil 10.3 : Delik boylarının belirlenmesi

10.2.4. Deliklerin yatayla yaptıkları açının belirlenmesi

Gevşetmeye esas alınan kömür, tavan kömürü olduğundan, delinecek deliklerin yatayla tavan taşına doğru belirli bir açı ile delinmesi gerekmektedir. Bu açı, delik boylarının belirlenmesinde kullanılan veriler göz önüne alınarak 9° olarak hesaplanmıştır.



$$\sin \alpha_1 = \frac{6}{40} = 0,15$$

$$\alpha_1 = 8,3^\circ \approx 9^\circ$$

Şekil 10.4 : Deliklerin yatayla yaptıkları açının belirlenmesi.

10.2.5. Delikler arası mesafenin belirlenmesi

Delinecek iki delik arasındaki mesafe, kömürün su alma yeteneğine, kırık-çatlak sistemine, tabakalanma ve klijaj düzlemlerinin durumuna, doğrultusuna ve uygulanacak su basıncına göre belirlenir.

Su alma yeteneği ve geçirgenliği iyi olan bir kömürde, delinecek delikler birbirlerine çok yakın olarak delinecek olursa, su delik civarındaki kömüre nüfuz ettikten sonra komşu delikten dışarı çıkar. Bu durumda ocak içinde suyun yaratabileceği sorunlar artabileceği gibi, ayrıca gereksiz yere bir iş de yapılmış olur. Bunun tersi olarak iki delik arasındaki mesafe çok fazla olursa, su bu iki delik arasında kalan kömüre iyi bir şekilde nüfuz edemeyip istenilen gevşetme ve kırmayı da sağlayamayacaktır. Dolayısıyla yöntemin başarısı da az olacaktır (Saltoğlu, 1970).

Tunçbilek Yeraltı İdame Ocağı'ndaki uygulamada, delikler arası mesafenin 5-20 arasında olması beklenmektedir. En iyi sonuç yeraltında yerinde yapılacak denemeler sonucu bulunacaktır. Ayrıca belirlenen bu iki delik arasındaki mesafe, ayağın veya panunun her yerinde aynı olmayabilir.

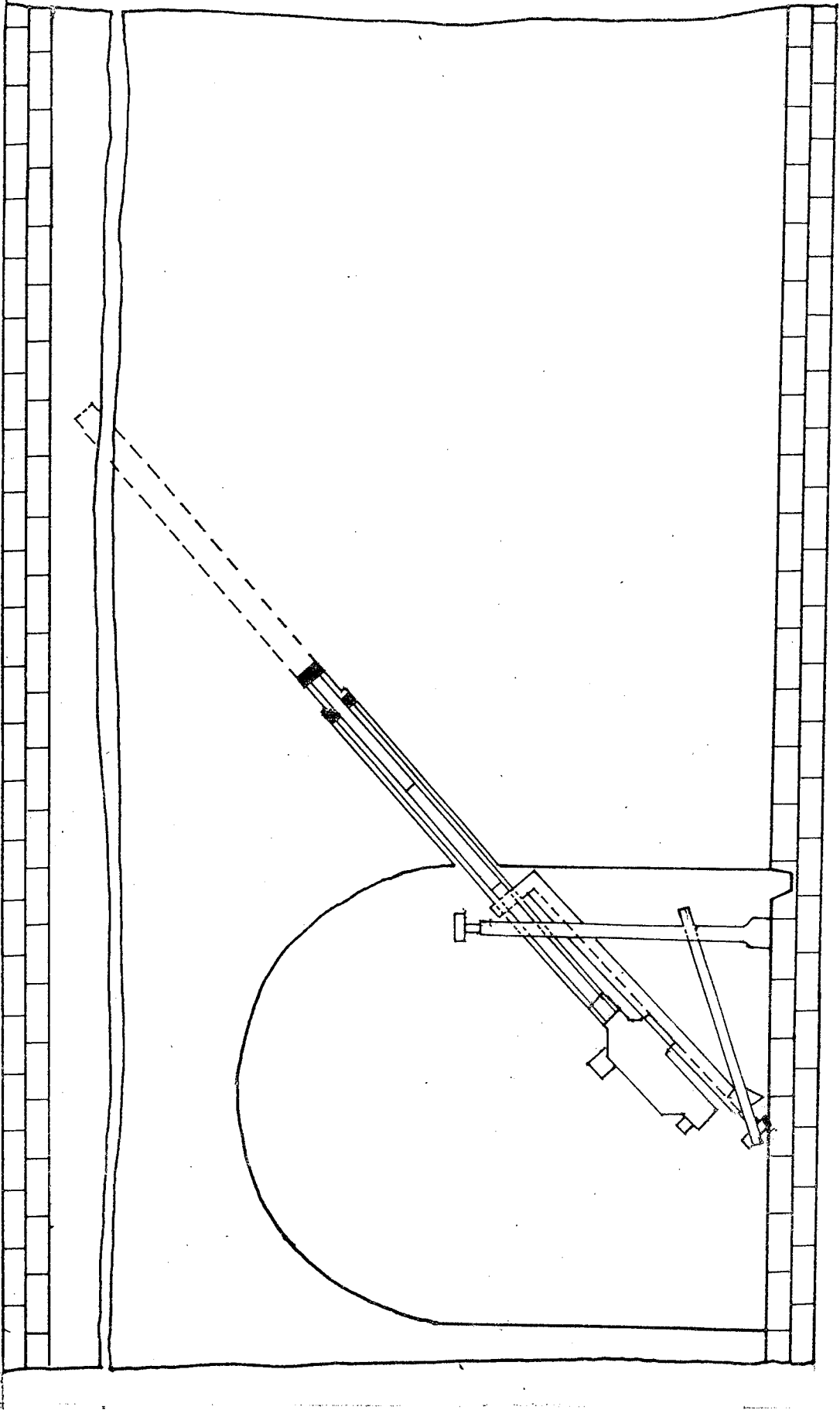
10.2.6. Deliklerin delinmesi

Deliklerin delinmesi için taban yollarında sehpa veya kızak üzerine yerleştirilmiş, basınçlı hava veya elektrik enerjisi ile çalışabilen en az 50-60 metre delik delme

kapasitesine sahip, her yönde delik delebilen bir yeraltı sondaj makinasına gereksinim duyulmaktadır. Sondaj makinasının tijlerinin ve diğer ekipmanlarının taban yollarında kolaylıkla manevra yapabilecek boyutta olması gerekir (Şekil 10.5).

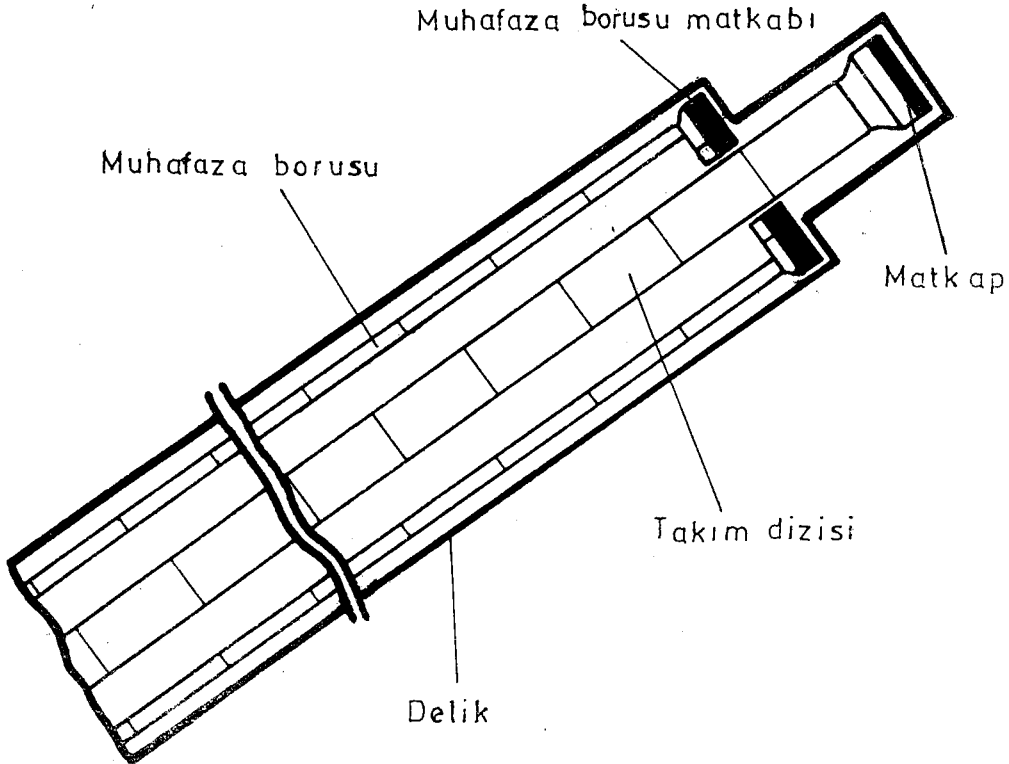
Delinen deliklerden matkabin kestiği kırıntıların dışarı atılması ve matkabin soğutulmasında su kullanılması uygun olacaktır. Böylece matkap iyi bir şekilde soğutulacak ve kesme işlemi sonucunda oluşan kırıntılar daha kolay bir şekilde delik dibinden uzaklaştırılmış olacaktır.

Yaklaşık 40 metre uzunluğunda bir deliği, yatayla 9° lik bir açı altında düzgün ve pürüzsüz olarak delmek bazı sorunlar yaratabilir. Enjeksiyon aletinin delik içerisinde sağlıklı bir şekilde çalışması ve enjeksiyon işleminin sıhatli bir şekilde yapılabilmesi açısından, delik cidarlarının pürüzsüz olması çok önemlidir. Delik cidarındaki pürüzsüzlüğü ve düzgünlüğü sağlamak amacıyla, gerektiğinde delinen deliklerde tarama işlemi yapılması uygun olacaktır. Deliklerin delinmesi esnasında, bazı bölgelerde, delik içerisinde yıkıntılar ve takım sıkışmaları meydana gelebilecektir. Bunun önlenmesi için, delinen deliklerin hemen matkabin 20-30 cm. arkasından delme işlemini takiben, ilerleme-ye paralel olarak, muhafaza borusu ile teçhiz edilmesi gerekir. Deliğin delinmesi ve teçhiz edilmesi işleminin aynı anda yapılması gerektiğinden, sondaj makinasının morsetinin aynı anda hem tij dizisine, hem muhafaza borusuna dönme ve baskı hareketi verebilecek özellikte olması gerekmektedir. Muhafaza borusunun iç çapının, muhafaza borusunu delikten çıkarmadan (Muhafaza borusunu manevra yapmadan), takım dizisinin manevrasına imkan verecek özellikte olması gerekir (Şekil 10.6). Muhafaza borusu, gerektiğinde basınçlı su enjeksiyonu işleminin başlamasına kadar delik içerisinde tutulmalı ve basınçlı su enjeksiyonu işlemi yapılırken kademeli bir şekilde delikten çekilmelidir. Böylece, deliklerin delinmesi işlemi sırasında takım sıkışmaları ve delik içinde meydana gelebilecek yıkıntılar önlenmiş olacaktır.



Şekil 10.5 : Sondaj makinasının galeride (Taban yolunda) çalışma düzeni

Delik boyları uzadıkça, yerçekiminin kesici uç üzerinde ve takım dizisi üzerindeki etkisi daha fazla olacak ve delik düz bir hat yerine, yay şeklini alabilecektir. Deliklerin, son durumda delik dibinin tavan taşına en fazla 0,50 metre yaklaşması önerildiğinden, deliklerde her zaman için bu şart oluşmayabilir. Bu durumda, delik delme işlemi sırasında başlangıçta belirlenen 9° lik açı artırılmalıdır. Uygulamada bu açının 9° - 15° arasında olacağı sınırlanmaktadır.



Şekil 10.6 : Muhafaza borusu ve takım dizisinin delik içinde birlikte çalışması.

10.3. Suyun Deliklere Enjekte Edilmesi

Günümüzde, basınçlı su enjeksiyonu işleminde kullanılan, değişik çalışma prensiplerine sahip, çok sayıda sistem bulunmaktadır. Kömürün basınçlı su enjeksiyonu ile gevşetilmesi işleminde, suyun delik içerisine basınç altında enjekte edilmesi işlemi, en önemli işlemlerden biridir. Tunçbilek şartlarında, yerinde yapılacak pilot çaplı bir çalışmada, insan faktörünü en aza indiren otomatik sistemler önerilmektedir. Otomatik sistemlerdeki enjeksiyon işlemi, sistemin içindeki su basıncı belli bir değere ulaştıktan ve delik içindeki sızdırmazlık sağlandıktan sonra başlamaktadır. Sistemin bu şekilde çalışması, enjeksiyon işleminin başarısını artıracaktır.

10.3.1. Deliklere enjekte edilecek su basıncı ve bu basıncın sağlanması.

Tunçbilek kömüründen alınan karot numuneler üzerinde yapılan, tek eksenli basınç dayanımı deneylerinden, kömürün tek eksenli basınç dayanımı tabakalanma düzlemine dik doğrultuda ortalama $100,21 \text{ kg/cm}^2$ olarak bulundu (Bölüm 8.1). Alınan karot örneklerine, basınç kabında 200 kg/cm^2 su basıncı uygulandıktan sonra ise, tek eksenli basınç dayanımı tabakalanma düzlemine dik doğrultuda ortalama $49,30 \text{ kg/cm}^2$ olarak bulunmuştur (Bölüm 8.3.5). Kömüre basınç kabında 200 kg/cm^2 su basıncı uygulandıktan sonra, kömürün ayak arkası maksimum kırılma mesafesi $1,62$ metre olmaktadır (Bölüm 9.3). Kömürün 30 kg/cm^2 yanıl su basıncı altında basınç kabında bulunan üç eksenli basınç dayanımı ise, ortalama $363,2 \text{ kg/cm}^2$ dir (Bölüm 8.3.2). Bu veriler göz önüne alınarak, basınçlı su enjeksiyonu için, yeraltı şartlarında uygulanacak su basıncının $200-350 \text{ kg/cm}^2$ arasında olacağını söyleyebiliriz. Suyun kömür bünyesine sağlıklı bir şekilde enjekte olabilmesi ve kömürü gevşetebilmesi için, gerekli olan en uygun basınç, yerinde yapılacak denemeler sonucu bulunabilecektir.

Basınçlı su enjeksiyonu için gerekli olan su basıncının sağlanmasında, günümüzde çok çeşitli yüksek basınç pompaları geliştirilmiştir. Tünçbilek şartlarında yerinde yapılacak pilon çaplı bir çalışmada, hidrolik direklere basınçlı su sağlayan yüksek basınç pompalarından istifade edilebilir. Bu pompalar halen $150 - 160 \text{ kg/cm}^2$ basınçta çalışmakta ve 350 kg/cm^2 basınca kadar çalıştırılabilmektedirler. Bu yüksek basınç pompalarının debisi ise, 80 lt/dak. dır.

10.3.2. Deliklere enjekte edilecek su miktarı ve bu suyun temini

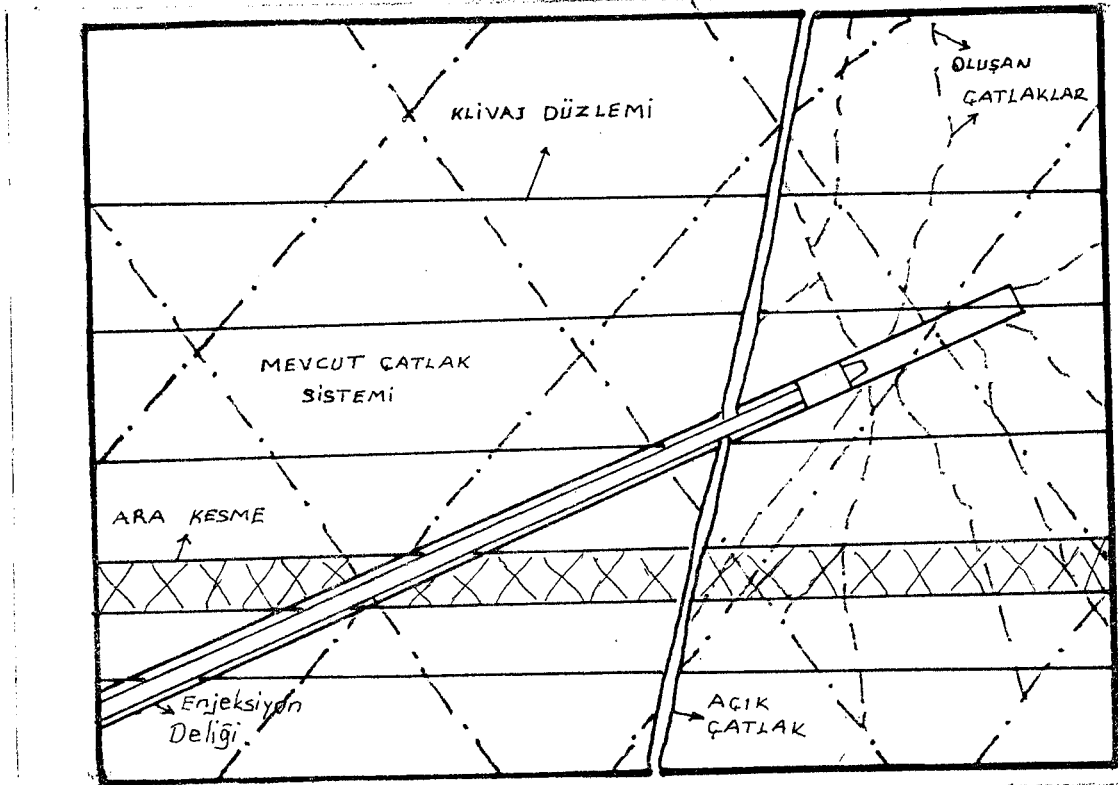
Deliklere enjekte edilecek su miktarı, enjeksiyon işleminin başarısı açısından çok önemlidir. Deliklere su enjekte edilmesine, enjekte edilen suyun komşu delikten, kırık-çatlak sistemlerinden ve tabakalanma (Klivaj) düzlemlerinden, taban yollarına belirgin bir su geliri oluncaya kadar devam edilir.

Deliklere enjekte edilecek su miktarı, delikler arası mesafeye, damarın yapısına ve su emme yeteneğine göre değişmektedir. Deliklere enjekte edilecek su miktarı, panonun ve ayağın her yerinde aynı olmayabilir. Deliklere enjekte edilecek su miktarı, en uygun şekilde, yerinde yapılacak denemeler ve incelemeler sonucunda tespit edilebilecektir. Deliklere enjekte edilecek su miktarı, gereğinden az olursa, kömürde istenilen gevşetme ve çetlama sağlanamayacaktır. Kömüre enjekte edilen su miktarı gereğinden fazla olursa, bu durumda, fazla suyun ocak içinde çeşitli şekillerde olumsuz etkileri olabilecektir. Deliklere enjekte edilecek su miktarı için, delik hacminden gidilerek yaklaşık bir değer vermek gerekirse: Ortalama bir deliğin hacmi $0,08 \text{ m}^3$ olduğuna göre ve deliklere delik hacminin 50-60 katı kadar su verilebileceği kabul edilirse, bir deliğe enjekte edilecek su miktarının kaba bir yaklaşımla, $4-5 \text{ m}^3$ / delik civarında olacağını söyleyebiliriz.

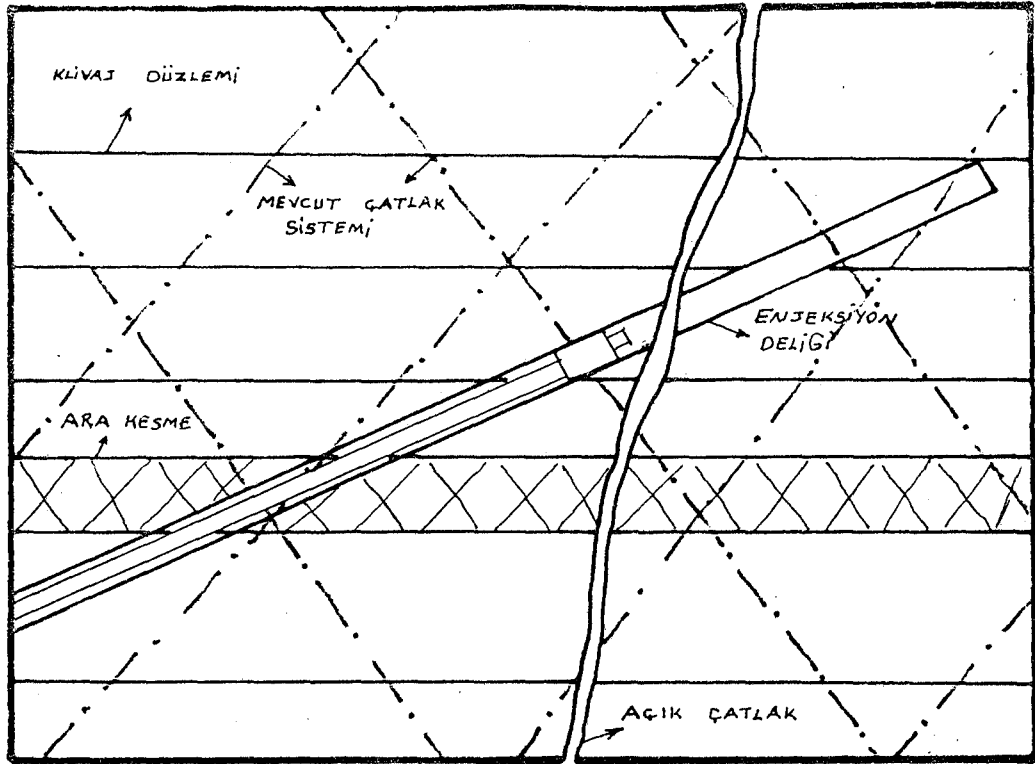
Kullanılacak enjeksiyon suyunun kesintisiz olarak temin edilebilmesi için, ocak içinde ve ocak dışında uygun kapasitede su depoları yapılmalı ve ocak dışından ocak uygun bir boru şebekesi döşenmelidir.

10.3.3. Basınçlı suyun deliklere enjekte edilmesi

Kömür içinde delinen deliklere su enjekte edilmesi kademeli bir şekilde yapılacaktır. Enjeksiyon kademelerinin boyları, delik dibindeki ilk kademede 3 metre, daha sonraki kademelerde ise, 4' er metre olarak seçilmelidir. Delik dibindeki birinci kademeden enjeksiyonu tek taraflı packer sistemi ile yapılmalıdır (Şekil 10.7). Daha sonraki enjeksiyon kademelerinde, bazı durumlarda (Çok çatlaklı formasyonlarda), tek taraflı packer sistemi ile delik içerisinde istenilen su basıncı sağlanamayabilir (Şekil 10.8).



Şekil 10.7 : Tek taraflı Packer sistemi ile başarılı bir enjeksiyon işlemi

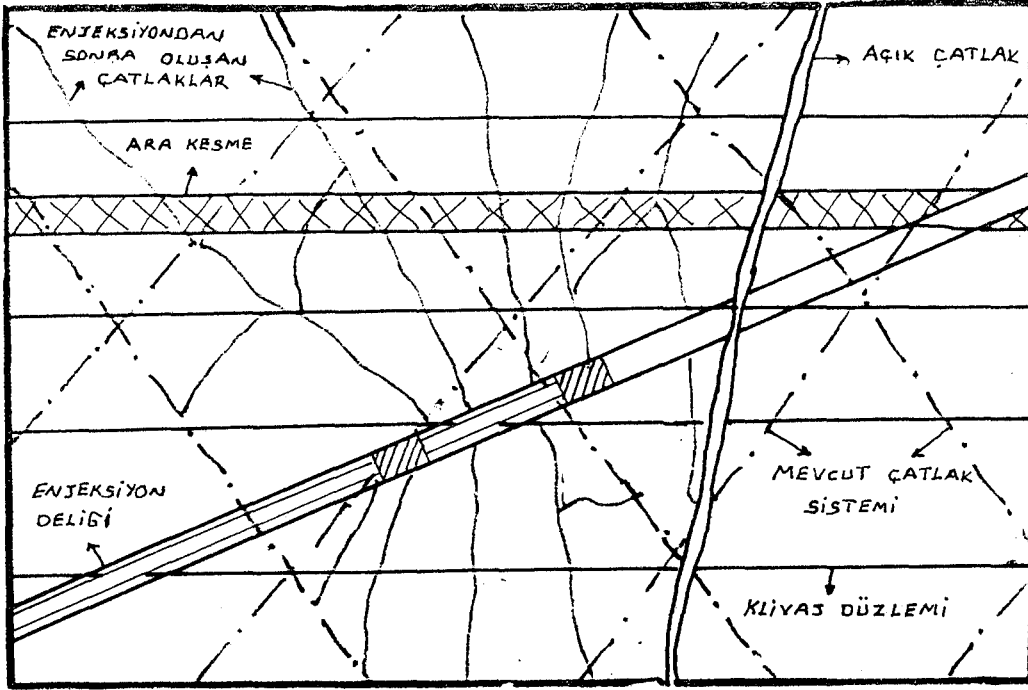


Şekil 10.8 : Tek Taraflı Packer Sistemi ile başarısız bir enjeksiyon işlemi.

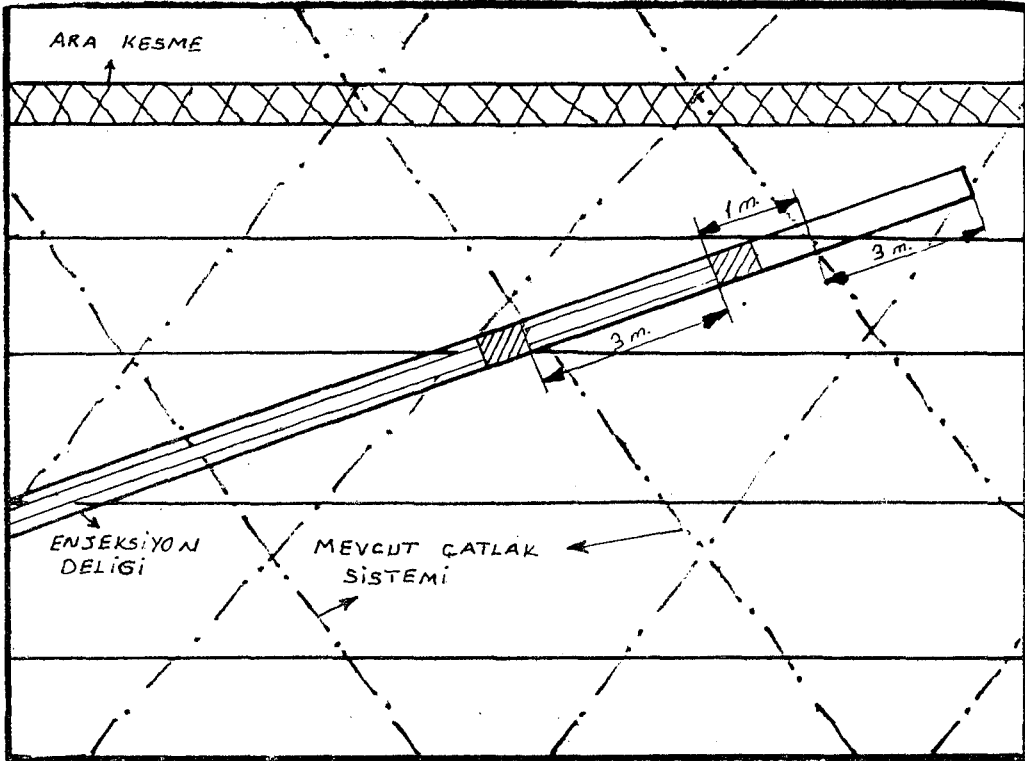
Tek taraflı packer sistemi ile delik içerisinde istenilen su basıncı sağlanamıyorsa, bu durumda çift taraflı packer sistemi kullanılmalıdır. (Şekil 10.9). Çift taraflı packer sisteminde enjeksiyon kademeleri, kademelerin hem dibinden hem de başından çift taraflı packer sistemi ile sınırlandırılmakta ve enjeksiyon işlemi iki packer sistemi arasında yapılmaktadır.

Tek taraflı ve çift taraflı packer sisteminin çalışması şöyledir:

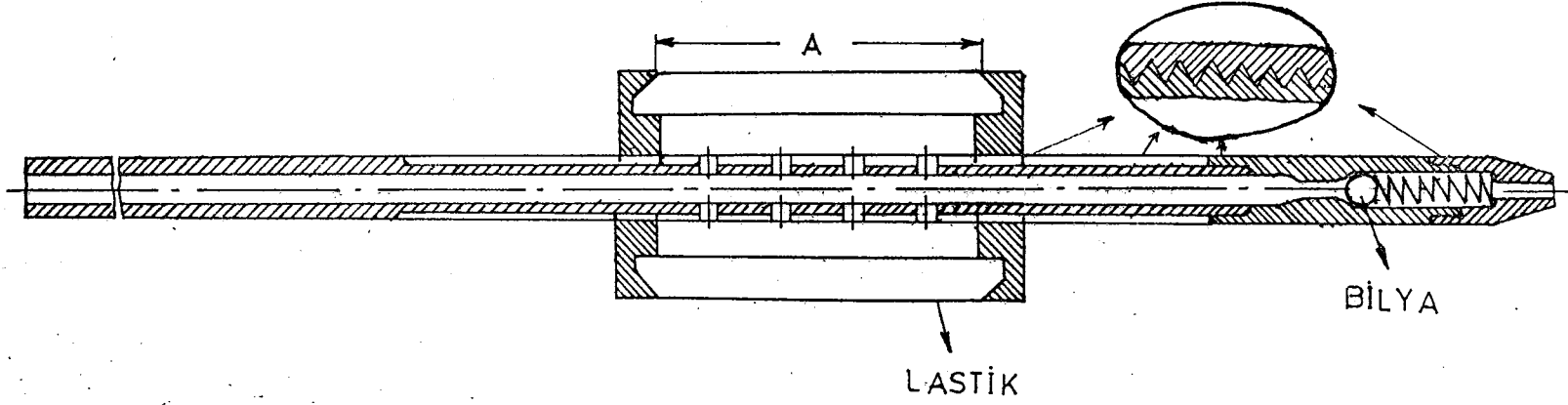
Şekil 10.11 de görülen tek taraflı Packer sistemi tij dizisine bağlanarak kullanılmaktadır. Basınç pompasından gelen basınç altındaki su, tij dizisinden geçerek bilya sübap sistemine gelen su, aynı zamanda sistemdeki deliklerden geçerek A bölmesini de doldurur. Bilya sübap sisteminin



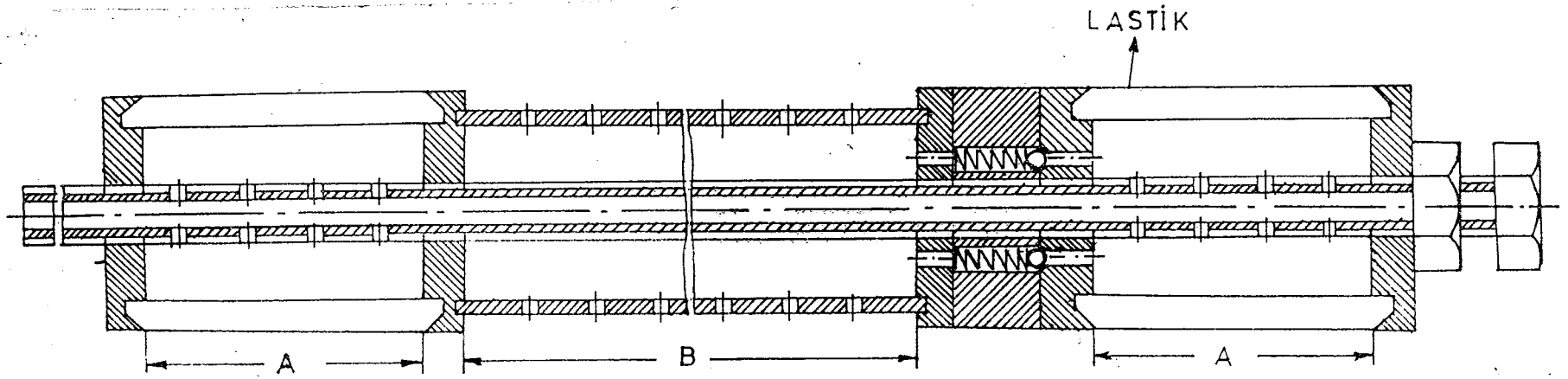
Şekil 10.9 : Çift Taraflı Packer Sisteminin çatlaklı bölgelere uygulanması.



Şekil 10.10 : Çift Taraflı Packer Sistemi ile enjeksiyon işleminde kademe boyları.



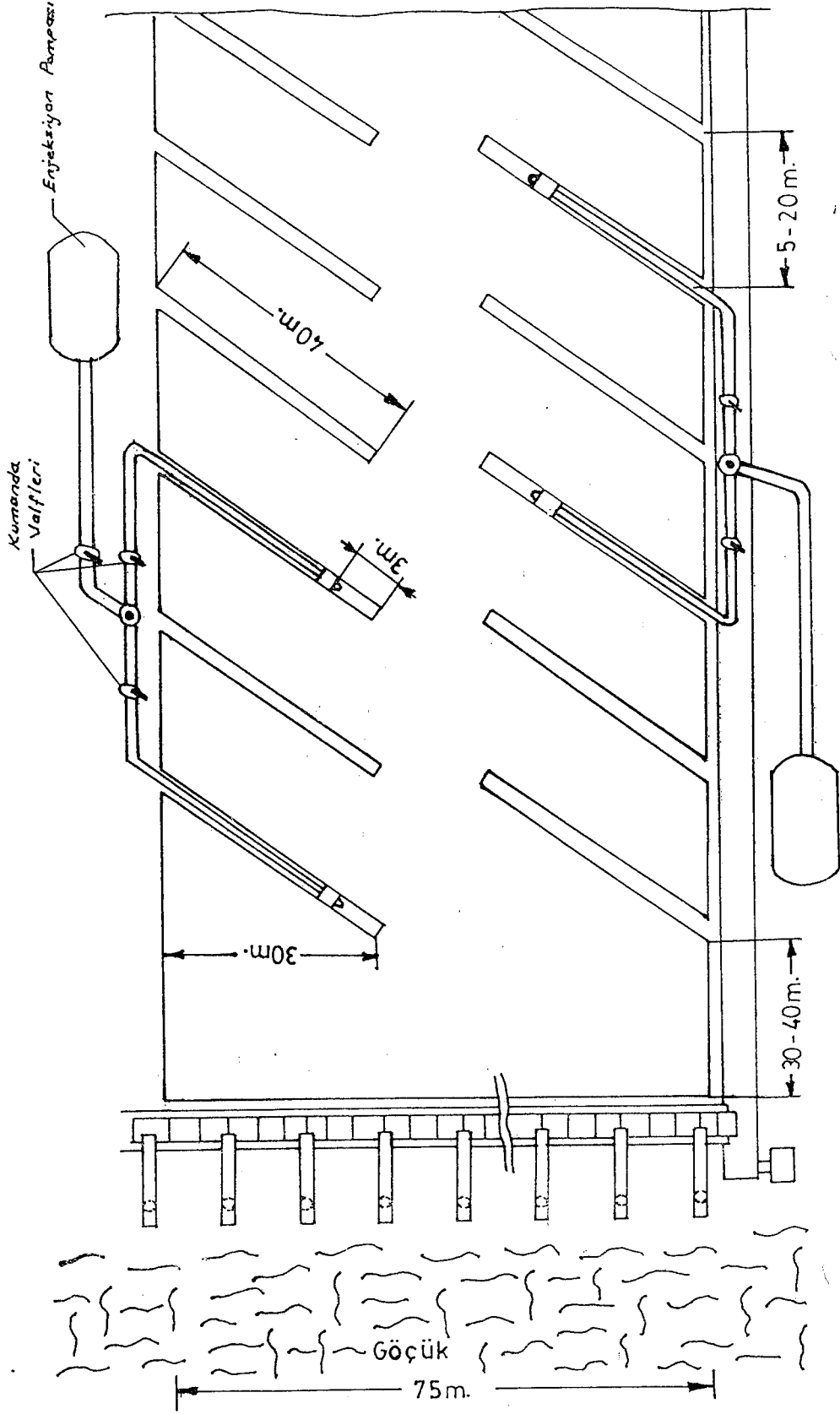
Şekil 10.11 : Tek Taraflı Packer Sistemi



Şekil 10.12 : Çift Taraflı Packer Sistemi

basınç ayarı, bilya önünde bulunan yay vasıtasıyla amaca uygun olarak ayarlanabilir. Sistemin içindeki basınç, lastik tıkaçı şişirecek değere ulaşır, lastiği şişirmektedir. Şişmiş olan lastik, delik cidarına bütün lastik yüzeyi boyunca yapışarak sızdırmazlık işlemini temin etmektedir. Bu sırada bilya sübap kapalı vaziyettedir. Packer sistemi içindeki basınç, tıkaç lastiğini şişirip delik içinde sızdırmazlığı temin ettikten sonra, bilya sübap açılmakta ve delik içine su enjeksiyonu başlamaktadır. Bundan sonra, delik içerisindeki basınç arttıkça sızdırmazlığı sağlayan lastiği şişirerek delik cidarına yapıştıran kuvvet de artmaktadır. Enjeksiyon işlemi bittiğinde pompadan sistemdeki basınç tamamen kesilmek suretiyle, packer sistemi bir sonraki kademeye çekilir.

Şekil 10.12 de görülen çift taraflı packer sistemi ise, çatlaklı ve kırıklı bölgelerde kullanılmakta olup, tij dizisine bağlanarak kullanılmaktadır. Şekilde A ile gösterilen kısımlar sızdırmazlığı sağlayan lastik kısımlar olup, packer sisteminin her iki ucunda bulunmaktadır. Lastik tıkaçlar enjeksiyon kademesini delik dibinden ve delik başından sınırlamaktadır. İki lastik arasında kalan mesafe, bir enjeksiyon kademesinin boyu kadardır. Sistemin çalışması şöyledir : Yüksek basınç pompasına bağlı olan tij dizisinden gelen basınç altındaki su, packer sistemi içinden geçerek her iki A bölmesini de doldurarak bilya-sübap sistemine gelmektedir. Bu sırada bilya-sübap sistemi kapalıdır. Bu esnada packer sistemi içindeki suyun basıncı giderek artmakta ve sistemin her iki ucunda bulunan tıkaç lastiklerini şişirmektedir. Şişen lastik tıkaçlar delik cidarına bütün yüzeyi boyunca yapışarak sızdırmazlığı temin eder. Packer sistemi içindeki basınç, lastik tıkaçları şişirip sızdırmazlığı temin edecek düzeye ulaştıktan sonra, bilya-sübap sistemi açılmaktadır. Bilya-sübap sistemi açıldıktan sonra, basınç altındaki su B bölmesine gelmektedir. B bölmesine gelen su, buradaki deliklerden geçerek delik içerisine geçmekte ve kömüre enjekte olmaktadır. Bir kademe-



Şekil 10.13 : Deliklere su verme düzeni.

nin enjeksiyonu tamamlandıktan sonra, yüksek basınç pompasından basınç kesilerek packer sistemi bir sonraki kademe-ye geri çekilir.

Packer sisteminde bulunan lastik tıkacıların çok kaliteli malzemeden ve çok sağlam olarak yapılması gerekmektedir. Packer sisteminin en geniş çapını lastik tıkacıların bulunduğu bölge teşkil etmektedir. Enjeksiyon işleminin başlangıcında, su basıncının etkisiyle lastik tıkacılar şişerek, lastik tıkacılar üzerinde aksiyal doğrultuda çekme gerilmeleri oluşur. Bu sırada lastik tıkacılar üzerinde oluşan çekme gerilmeleri, lastik tıkacı flanşları ve lastik tıkacın kendi iç gerilmesiyle karşılanmaktadır. Lastiğin bu şekildeki çekme gerilmelerine karşı dayanımı sınırlı olup, lastik malzemesinin elastik bölge sınırında tutulmalıdır. Lastik tıkacı tam olarak şişip delik cidarına yapıştığı zaman, lastik tıkacı üzerinde oluşan bu çekme gerilmeleri, delik cidarı tarafından karşılanarak basınç gerilmeleri şekline dönüşür. Lastik tıkacı delik cidarına yapışıp, delik iç yüzeyi tarafından desteklendikten sonra, lastik üzerinde oluşan gerilmeler basınç gerilmeleri şeklinde oluşacaktır. Bu çalışma şartlarında, lastik tıkacın basınç gerilmelerine karşı olan dayanımı çok daha fazla olacak ve enjeksiyon işlemi sırasında oluşan gerilmeleri karşılayabilecektir.

Çift taraflı packer sistemi ile de, delik içerisinde istenilen enjeksiyon basıncı sağlanamassa, bu durumda o bölgedeki çatlak sistemlerinin tıkanması yoluna gidilmelidir. Bu işlem, düşük basınçta özel olarak hazırlanmış yüksek vizkoziteli bentonit çamuru (Bentonit, kum, çimento ve çeşitli kimyasal katkı maddelerinin karışımından meydana gelen çamur) deliklere enjekte edilerek sağlanmalıdır.

Çamurun (karışımın) ana maddesi bentonit ve su dur. Çamur hazırlanırken kullanılan suyun PH sı 8,5- 9,5 arasında olmalıdır. Bentonitin su ile iyi bir karışım yapabilmesi açısından, suyun PH sı çok önemlidir. Suyu karıştırıla-

cak bentonit miktarı ve karışımın vizkozitesi kırık-çatlak sistemlerinin özelliğine göre değişecektir. Bentonit ve su karışımından oluşan çamura, bir miktar çimento ve kum ilavesi, geniş açıklıklı çatlakların doldurulması için gerekebilecektir. Fakat çimento ve kum miktarının, kırık çatlak sistemlerinde bir sağlamlaştırma (Kohezyonu artırıcı) etkisi yapmayacak miktarda olması gerekir. Ana maddeler dışında (Bentonit ve su), çamura katılacak diğer katkı maddeleri de şunlardır : Sodyum Lignosulfonat (Çamurda topaklanmayı önlemek için), Kostik Soda (PH kontrolü için) ve kaçak maddeleri (İpliksi ve lifli maddeler, İri taneli Barit gibi maddelerdir.) dir. Düşük basınçta enjekte edilen, yüksek vizkoziteli bentonit çamuru, bentonitin şişme özelliği dolayısıyla çatlak sistemlerinde şişerek bu çatlak sistemlerini tıkar, diğer bölgelerle ve açık çatlaklarla olan irtibatını keser. Bentonit çamuru, düşük basınçta enjekte edildiği için, kılcal çatlaklara etkisi olmayacak ve daha sonraki enjeksiyon işleminin başarısını olumsuz yönde etkilemeyecektir. Bu işlemden sonra yapılacak yüksek basınçlı su enjeksiyonu ile, çatlak sistemlerindeki yüksek vizkoziteli çamur, biraz daha ileriye doğru itilerek, basınçlı suyun delik içerisinden kömüre enjekte olması sağlanmış olacaktır. Enjeksiyon işleminden sonra, yüksek vizkoziteli bentonit çamuru, kırık-çatlak sistemlerinde kuruyacaktır. Fakat kuruyan çamurun, çatlak sistemlerinde belirgin bir bağlayıcı özelliği olmayacak ve ayak arkasında kömürün göçertilmesinde olumsuz bir etkisi olmayacaktır.

Kömüre basınçlı su enjeksiyonu işleminde, son kademe (Delik basındaki enjeksiyon kademesi) enjeksiyonu yapılırken, Packer sistemi delik ağzından en az 5 metre ileride tutturulmalıdır. Bu 5 metrelik mesafe emniyet mesafesi olup, taban yollarının duraylılığı açısından çok önemlidir. Yerinde yapılacak denemelerden elde edilecek sonuçlara göre, taban yollarının emniyeti için bırakılmış emniyet mesafesi (5 metrelik mesafe) ve enjeksiyon kademelerinin boyları artırılabilir, veya azaltılabilir.

Aynı anda birden fazla delikte enjeksiyon işlemi yapılabilir. Bu durumda enjeksiyon işlemi bir delik ara ile yapılmalıdır. (Şekil 10.13).

Enjeksiyon aleti, delik içerisinde istenilen kademeye uygun şekilde yerleştirildikten sonra, enjeksiyon işlemine başlanılmalıdır. Enjeksiyon işlemi başlangıçta düşük basınçta ve dedide yapılmalı, verilen suyun basıncı ve debisi giderek artırılmalıdır.

Tunçbilek şartlarında, ayaklarda, taban yollarından delinen deliklere basınçlı su enjekte edilmesi sistemi Şekil 10.13 de görüldüğü gibi önerilmektedir.

10.4. Enjekte Edilecek Suyun Ocak İçinde Toplanma Şekli

Enjeksiyon yapılan bölge, ayak aynasından en ez 30-40 metre ileride olacağından, ayak içinde su atımını gerektirecek bir su geliri beklenmemektedir. Enjeksiyon yapılan bölge ile, ayak aynası arasında, ayak aynasının yaklaşık 5-15 metre önünde her zaman yüksek basınç altında bir bölge bulunacaktır. Bu bölgedeki kömür içindeki çatlak sistemleri ve gözenekler, diğer bölgelere nazaran daha az geçirimli olacaktır. Bu durum kömürün bu bölgedeki geçirimliliğini azaltacağından, kömüre enjekte edilen suyun ayaklara gelmesini engelleyecektir. Ayrıca taban yollarının ve komşu deliklerin, enjeksiyon yapılan bölgeye uzaklığı, çoğu zaman ayak aynasından daha yakın olacağından, enjekte edilen su, ayaklara gelmeden komşu deliklerden ve taban yollarındaki kırık çatlak sistemlerinden dışarı çıkacaktır.

Taban yollarından, özellikle son kademelerde ve çok çatlaklı bölgelerde, enjekte edilen suyun bir kısmının kaçak yaparak gelmesi beklenmektedir. Taban yollarını etkilemesi beklenen suyun, taban yollarının enjeksiyon yapılan yan duvarındaki komşu delikten ve kırık-çatlak sistemlerinden sızma şeklinde olması beklenmektedir. Ayrıca taban yollarından yağmurlama şeklinde bir su geliri olması beklenmemektedir. Kabaca bir yaklaşımda bulunmak gerekirse, bu

su gelirinin delik hacminin 15-20 katı kadar olacağını kabul edersek, delik başına 1,2-1,6 m³/delik bir su gelirine eşdeğer olmaktadır.

Taban yollarını etkilemesi beklenen suyun, taban yollarının enjeksiyon yapılan tarafında açılacak kanallarla, taban yollarında uygun yerlerde ve büyüklükte yapılacak geçici su toplama havuzlarında toplanarak, bir boru şebekesi vasıtasıyla ocak dışına veya ana su tahliye sistemine verilmelidir.

10.5. Enjeksiyon Suyunun Yaratabileceği Olumsuz Etkiler

Kömür içinde delinen deliklere enjekte edilen suyun bir kısmının, ocak içine çeşitli şekillerde kaçak yaparak gelmesi beklenmektedir. Ocakta toplanan bu suyun, ocak havası, kömürün oksidasyonu, tahkimat elemanları ve makina teçhizat üzerinde bir takım olumsuz etkisi olacaktır. Ancak bu etkiler, bilgili ve tecrübeli personel elinde tamamen ortadan kaldırılabılır.

10.5.1. Enjekte edilen suyun ocak havası üzerindeki etkisi

Enjekte edilen ve ocak içine intişar eden suyun buharlaşması sonucu, ocak havasındaki nem miktarı artacaktır. nem miktarının artmasının etkisi özellikle personel üzerinde olumsuz yönde olacaktır. Bu olumsuz etkinin azaltılması için, taban yollarından geçen hava miktarının artırılması uygun olacaktır. Mevcut havalandırma sisteminin, taban yollarından geçecek hava miktarının artırılması için, yeterli olmadığı durumlarda, ana ocak havalandırma sisteminin yeniden düzenlenmesi yoluna gidilmelidir. Bundan başka, nemli havanın ayağı en az şekilde etkilemesi açısından, her ayağın bağımsız olarak havalandırılması yoluna gidilmelidir.

10.5.2. Enjekte edilen suyun kömürün oksidasyonu üzerindeki etkisi

Basıncılı su enjeksiyonundan sonra, kömür ıslanacağı-

dan ve kömürdeki nem miktarı artacağından, taban yollarına yakın bölgelerde ve özellikle bol kırık-çatlaklı kısımlarda kömürdeki oksidasyon artacaktır. Kömürde meydana gelmesi beklenen oksidasyonun, açık bir yangına dönüşmeden kontrol altında tutulması gerekmektedir. Bunun için, kömürün hava ile irtibatının kesilmesi, ocak içinde alınabilecek en uygun önlem olacaktır. Enjeksiyon işleminden sonra, taban yollarının, özellikle kırık-çatlaklı bölgelerin püskürtme beton ile kaplanarak, hava ile irtibatının kesilmesi, enjeksiyon işleminden sonra, kömürde meydana gelecek oksidasyonun önlenmesi için yeterli olacaktır.

10.5.3. Enjekte edilen suyun tahkimat elemanları ve makina teçhizat üzerindeki etkisi

Enjekte edilen suyun, gerek ocak havasındaki nem miktarını artırması ve gerekse doğrudan doğruya temas suretiyle tahkimat elemanları ve özellikle çelik aksam üzerinde korozyonu artırıcı etkisi olacaktır. Bu etkinin azaltılması için, bu elemanlar korozyona dayanıklı olarak imal edilmelidir.

Enjekte edilen suyun, ahşap elemanlar (Sarma, direk, kama, fırçagibi.) üzerindeki etkisinin ise, bu elemanların mekanik dayanımlarında belirgin bir düşüş yaratması beklenmemektedir.

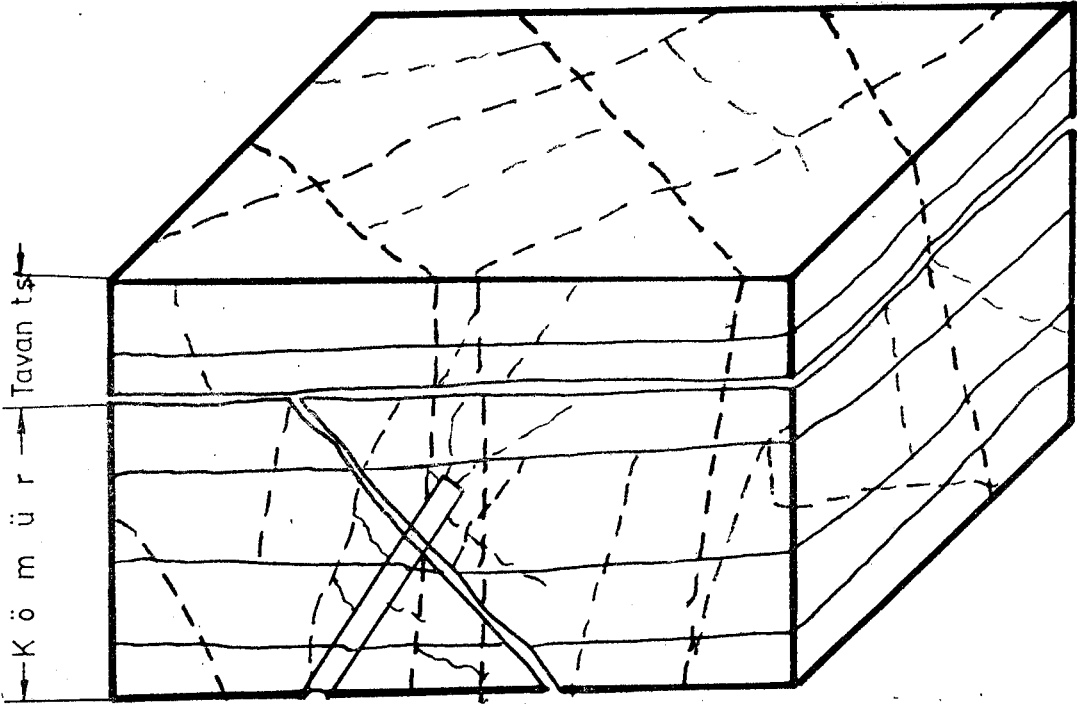
Enjeksiyon suyunun, kullanılan makina ve donanım (Teçhizat) üzerindeki etkisi ise, metal ve özellikle çelik aksam üzerinde korozyonu artırıcı yönde olacaktır. Bu etkinin ortadan kaldırılması için, bu donanımların korozyona dayanıklı malzemelerden seçilmesi yoluna gidilmelidir. Özellikle makina yatakları ve elektrik aksamların her türlü su etkisinden korunması için, gerekli önlemler alınmalıdır.

10.6. Enjekte Edilen Suyun Tavan Taşı Üzerindeki Etkisi

Her ne kadar tavan taşına doğrudan bir su enjektasi yapılmıyor ise de, tavan taşının kömüre enjekte edilen sudan etkilenmesi beklenmektedir.

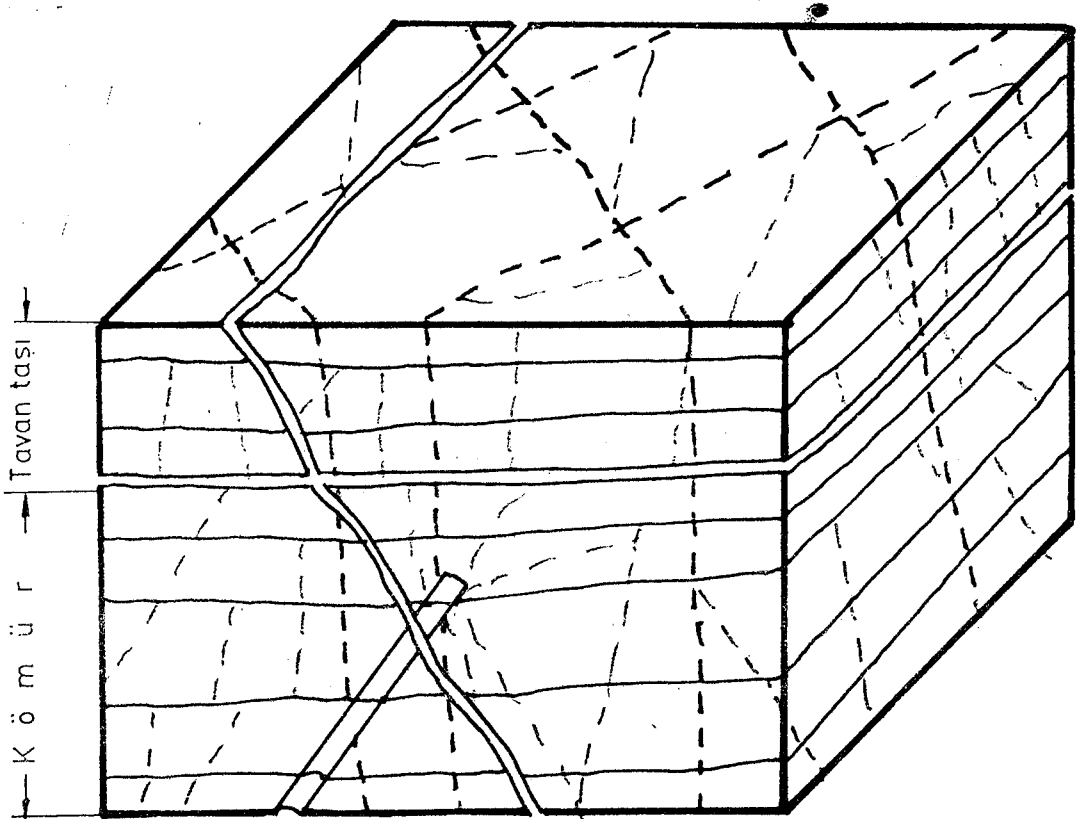
Bu etkilenmeyi, çatlakların durumunu göz önüne alarak iki şekilde inceleyebiliriz :

1. Açık çatlak sistemlerinin, tavan taşında devam etmemesi durumu : Bu durum Şekil 10.14' de görülmektedir. Bu şartlarda, tavan taşının kömüre enjekte edilen sudan etkilenmesi, kömür tavan taşı kontakt zonundan olacaktır. Kömüre enjekte edilen su, kömürdeki mevcut kırık-çatlak sistemleri ve klivaj düzlemleri boyunca ve gerekse, basıncın etkisiyle suyun oluşturduğu çatlak sistemlerinden geçerek, tavan taşı-kömür kontakt zonu boyunca yayılarak, bu bölgedeki tavan taşının belli bir kalınlıktaki (0-10 cm.) kısmını etkileyecektir. Bu etki sonucu tavan bir miktar yumuşayacak ve mekanik dayanımı az da olsa düşecektir.



Şekil 10.14 : Kömürdeki açık çatlak sistemlerinin, tavan taşında devam etmemesi durumunda, tavan taşının sudan etkilenmesi

2. Kömür içindeki açık çatlak sistemlerinin tavan taşında devam etmesi durumu : Kömür içindeki çatlak sistemlerinin tavan taşında devam etmesi durumu, Şekil 10.15 de görülmektedir. Kömür içerisine basınç altında enjekte edilen su, öncelikle kömürdeki açık kırık çatlak sistemlerini izleyerek, tavan taşı kömür kantağına gelecektir. Su, daha sonra, tavan taşı-kömür kontakt zonu ve tavan taşındaki çatlak sistemleri boyunca da enjekte olarak tavan taşının iç kısımlarını da etkileyecektir. Uygulanan su basıncına bağlı olarak, gerek tavan taşı-kömür kontakt zonu boyunca ve gerekse tavan taşında yeni kırık-çatlakların oluşması beklenilmelidir. Basıncılı suyun bu bölgeleri etkilemesi sonucu, tavan taşında bu bölgelerde, tavan taşının mekanik dayanımında bir miktar düşme söz konusu olabilecektir.



Şekil 10.15 : Kömürdeki açık çatlakların tavan taşında devam etmesi durumunda, tavan taşının basınçlı su enjeksiyonundan etkilenmesi.

Her iki durumda da, tavan taşının basınçlı su enjeksiyonundan etkilenmesi sonucu, tavan taşının mekanik dayanımında az da olsa bir miktar düşme olacak ve tavan taşının ayak arkasında göçmesi kolaylaşacaktır. Bu durumda, kömüre karışacak tavan taşı miktarında bir artış olakmış gibi görülmektedir. Fakat basınçlı su enjeksiyonuyla, kömürün mekanik dayanımı, tavan taşına oranla çok daha fazla düşeceğinden, ayak arkasında tavan kömürünün göçertilmesi göçertilmesi sırasında, kömürün göçme mesafesi (L) tavan taşına göre çok daha az olduğundan, uygulamada böyle bir sorunla karşılaşılmayacaktır.

Tavan taşının basınçlı su enjeksiyonundan etkilenmesi sonucu, meydana gelebilecek olumsuz etkiler, uygun ayak ilerleme hızında ve bilinçli bir çalışma ile tamamen ortadan kaldırılabılır.

10.7. Enjektelerde Edilen Suyun Taban Taşı Üzerindeki Etkisi

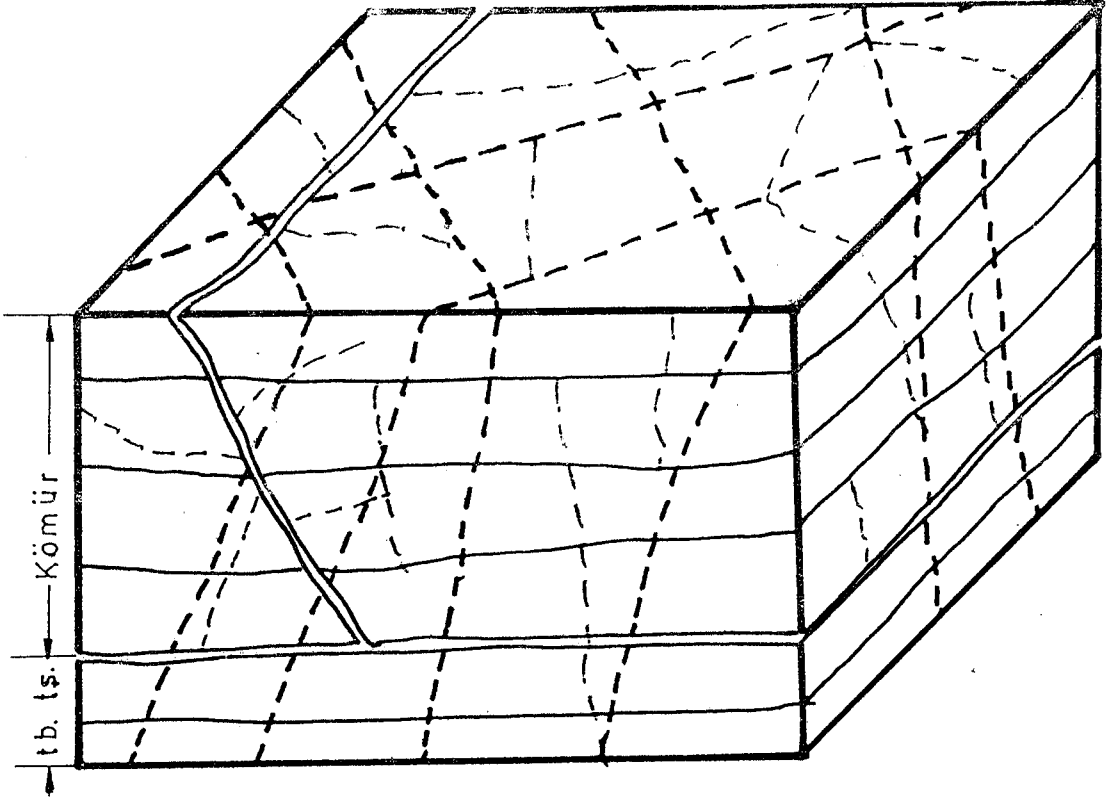
Kömüre basınçlı su enjekteleri sırasında, taban taşına doğrudan bir su enjekteleri yapılmamakla birlikte, taban taşının, özellikle kırık çatlaklı bölgelerde ve taban yollarında, kömüre enjektelerde edilen sudan etkilenmesi beklenmektedir.

Bu etkilenmeyi çatlakların durumunu göz önüne alarak iki şekilde inceleyebiliriz :

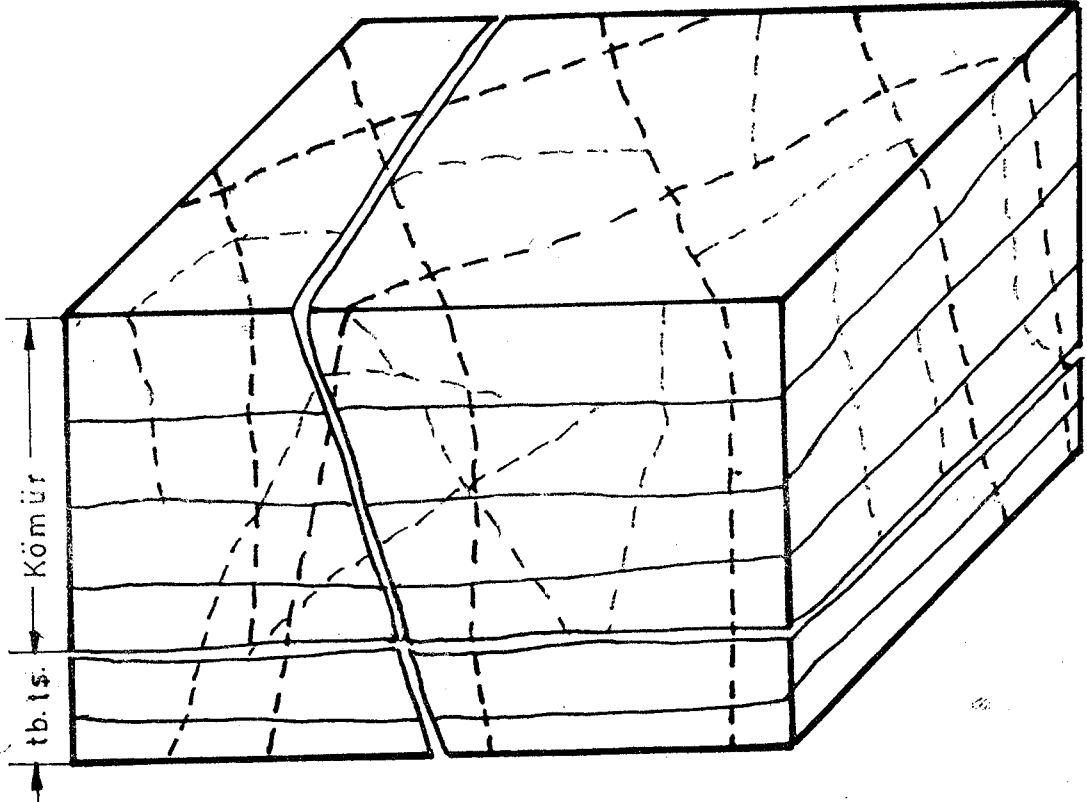
1. Kömür içindeki çatlak sistemlerinin, taban taşında devam etmemesi durumu : Bu durumda, kömür içerisine enjektelerde edilen su, taban taşını, taban taşı-kömür kontakt zonu-ndan etkileyecektir. Bu durum Şekil 10.16'da görülmektedir. Bu etkilenme sonucu, taban taşında yumuşama ve mekanik dayanımında düşme şeklinde olacaktır. Taban taşında meydana gelecek yumuşama, ayaklarda herhangi bir sorun yaratmayacaktır. Kömüre su enjektelerde edilen bölge, ayak aynasına yaklaşık 30-40 metre mesafede olduğundan, ayaklar ilerlemeye paralel olarak bu bölgeye geldiğinde, bu bölgede taban taşındaki nem oranı düşecektir. Nem oranının azalması

sı, ayaklarda taban taşının mekanik dayanımında bir miktar iyileşme sağlanacaktır. Herşeye rağmen, ayaklarda tahkimat direklerinin tabana batması sözkonusu olursa, tahkimat direklerinin tabanına geniş yüzeyli plakalar konularak, batmanın önlenmesi yoluna gidilmelidir. Ayaklarda, ayak tabanı, ilerlemeye paralel olarak sürekli yenileceğinden, ayaklarda bir taban kabarması olayı beklenmemektedir. Taban yollarına yakın bölgelerde ve taban yollarında ise, taban yollarına gerek komşu delikten, ve gerekse kırık-çatlak sistemlerinden bir su geliri olacağından, taban taşında bir yumuşama olacaktır. Suyun etkisiyle oluşabilecek bu yumuşamanın, taban yollarında bir taban kabarmasına yol açmaması için, bazı önlemlerin alınması gerekmektedir. Bu önlemlerin başında, taban yollarını etkilemesi beklenen suyun, taban yollarında yayılmasını önlemek gelmektedir. Bunun için, taban yolunun enjeksiyon yapılan tarafında açılacak su toplama kanallarında sular toplanmalı ve taban yolunun tamamına yayılması önlenerek, ana su tahliye sistemine veya ocak dışına basılmalıdır.

2. Kömür içindeki çatlak sisteminin, taban taşında devam etmesi durumu : Bu durumda, kömür içerisine enjekte edilecek su, kömürdeki kırık-çatlak sistemlerinden enjekte olarak, taban taşı-kömür kontakt zonu boyunca, taban taşının iç kısımlarını etkileyebilecektir. Bu durum Şekil 10.17 de görülmektedir. Bu etkilenme, taban taşında bir yumuşama şeklinde olacaktır. Bu yumuşamanın da, taban taşında ve özellikle taban taşının su ile temas eden bölgelerinde mekanik dayanımında bir miktar düşme etkisi yaratması beklenmekle beraber, ayaklarda gerek tahkimat direklerinin tabana gömülmesi, ve gerekse, taban kabarması şeklinde bir sorun beklenmemektedir. Ayaklarda herşeye rağmen, tahkimat direklerinin tabana gömülmesi sözkonusu olursa, tahkimat direklerinin tabanına geniş yüzeyli plakalar konulması yoluna gidilmelidir. Taban yollarında ise, taban yollarına gerek komşu deliklerden ve gerekse kırık-çatlak sistemleri ve tabakalanma düzlemlerinden, bir su geliri olacaktır. Taban yollarını



Şekil 10.16 : Kömürdeki açık çatlak sistemlerinin taban taşında devam etmemesi durumu



Şekil 10.17 : Kömürdeki çatlak sistemlerinin taban taşında devam etmesi durumu.

etkileyen bu su, taban taşında çatlaklar boyunca yayılarak, taban taşının iç kısımlarını etkileyecektir. Bu şartlarda, taban taşında muhtemelen bir taban kabarması olayı beklenmelidir. Taban yollarının, kömüre enjekte edilen sudan etkilenmesini en aza indirebilmek amacıyla, öncelikle taban yollarının enjeksiyon yapılan tarafında, uygun şekillerde su kanalları açılmalı ve taban yollarını etkilemesi beklenen suyun, taban yollarında yayılmadan, açılan bu kanallarda toplanması sağlanmalıdır. Taban yollarında nakliyat zincirli ve bant konveyörler ile sağlandığından, bant konveyör şaselerinin imali ve montajında, çalışma sırasında belirli bir taban kabarması olayından etkilenmeyecek değişiklikler yapılmalıdır. Bunun için bant konveyör şaseleri, taban kabarması olayına karşı, belirli bir ayarlamaya imkan verecek şekilde dizayn edilmelidir. Zincirli konveyörler, taban kabarması olayına karşı ayarlanabilir ayaklar üzerine monte edilmelidir. Yapılacak bu ayarlamaların, oluşması muhtemel bir taban kabarmasına karşı, taban yollarındaki nakliyatın sağlıklı bir yürütülmesini sağlaması beklenmektedir. Taban yollarında, nakliyatın sağlıklı bir şekilde yürütülebilmesi açısından, bir tarama işlemine gerek duyulması beklenmemekle birlikte, gerektiğinde bir tarama işleminin yapılması uygun olacaktır.

Taban taşının, yapılacak basınçlı su enjeksiyonundan etkilenmesi, taban yollarında yapılan nakliyatı etkilemeyecek şekilde, bilgili ve tecrübeli kişiler elinde alınacak önlemlerle tamamen önlenabilir.

10.8. Uygulamanın Normal İş Düzenini Aksatma Riski

Uygulamanın ayaklardaki ve taban yollarındaki normal iş düzenini aksatması beklenmemektedir. Taban yollarında, nakliyat, delik delme ve enjeksiyon işleminin aynı anda yapılması gerekebileceğinden, bazı durumlarda bir çalışma yeri darlığı sözkonusu olabilir. Bu çalışma yeri darlığının yaratabileceği sorunlar, yerinde alınacak önlemlerle tamamen ortadan kaldırılabilir. Ayrıca, deliklerin delinmesi

ve enjeksiyon işleminin yapılabilmesi için, yeterli bilgi ve beceriye sahip bir ekibin oluşturulması gerekmektedir. Fiili çalışma durumunda, bir vardiyada, 3 işçi deliklerin delinmesinde, 3 işçi enjeksiyon işleminin yapılmasında ve bir kişi de bu işlerden sorumlu nezaretçi olmak üzere, toplam 7 kişilik bir ekip oluşturulmalıdır.

11. YÖNTEMİN UYGULANMASIYLA AYAK CİVARINDA OLUŞACAK TABAKA HAREKETLERİ

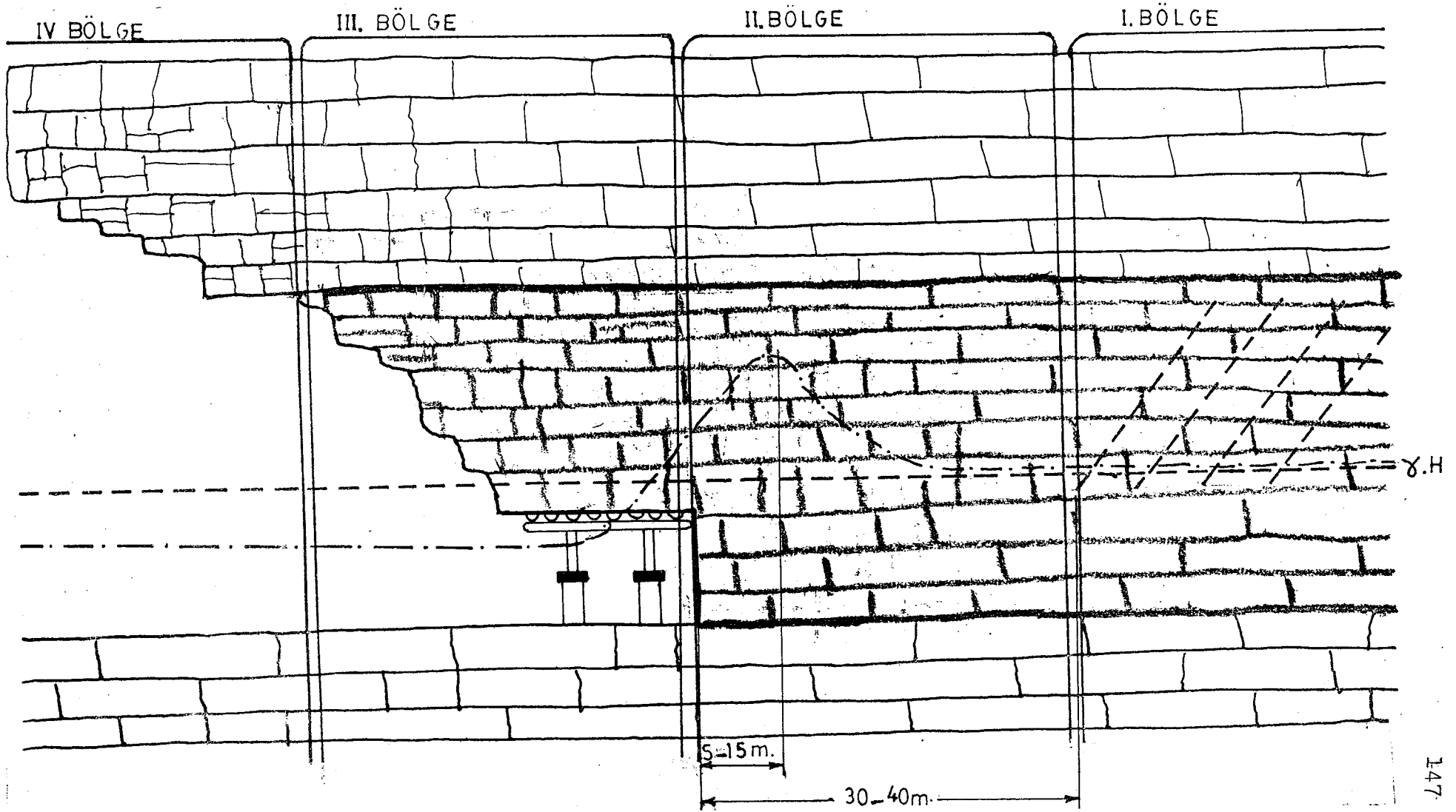
Basınçlı su enjeksiyonu yönteminin uygulanmasıyla, ayak civarında gelişen olayları dört bölgede inceleyebiliriz (Şekil 11.1).

I. BÖLGE : Birinci bölge, kömüre basınçlı su enjeksiyonu yapılan bölge olup, ayak aynasının 30-40 metre önünde bulunmaktadır. Birinci bölgede kömür bakir halde olup, normal arazi basıncı ve diğer yanall gerilmelerin etkisinde bulunmaktadır. Bu bölgede basınçlı su enjeksiyonu yapılmadan önce, kömür bünyesinde kırık-çatlak sistemleri, tabakalanma ve klivaj düzlemleri ile poroziteden dolayı oluşan süreksizlikler bulunmaktadır. Basınçlı su enjeksiyonu yapılmadan önceki çatlak sistemlerinin blok diyağramdaki temsili görünümleri Şekil 11.2'de verilmiştir.

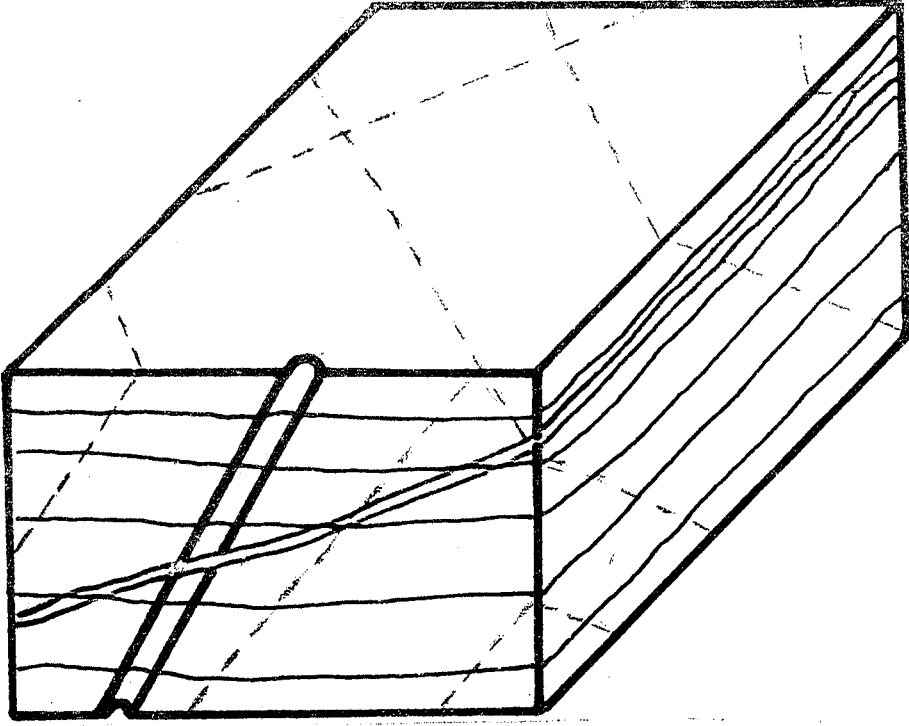
Birinci bölgede enjeksiyon yapıldıktan sonra, uygulanan su basıncına bağlı olarak, mevcut kırık-çatlak sistemleri, tabakalanma ve klivaj düzlemleri ve diğer süreksizlikler arasındaki bağlar (Kohezyon) zayıflamakta ve kısmen de ortadan kalkmaktadır. Bundan başka, mevcut çatlak sistemleri, tabakalanma ve klivaj düzlemleri ve diğer süreksizlikler arasında da, uygulanan su basıncına bağlı olarak, yeni kırık-çatlak sistemleri ve süreksizlikler oluşmaktadır. Bu durum blok diyağram üzerinde, Şekil 11.3'de görülmektedir.

Basınçlı su enjeksiyonundan sonra, birinci bölgede, kırık-çatlak sistemleri, tabakalanma ve klivaj düzlemleri arasındaki bağların zayıflaması ve yeni kırık-çatlak sistemlerinin oluşmasıyla, kömür gevşetilmiş olacaktır.

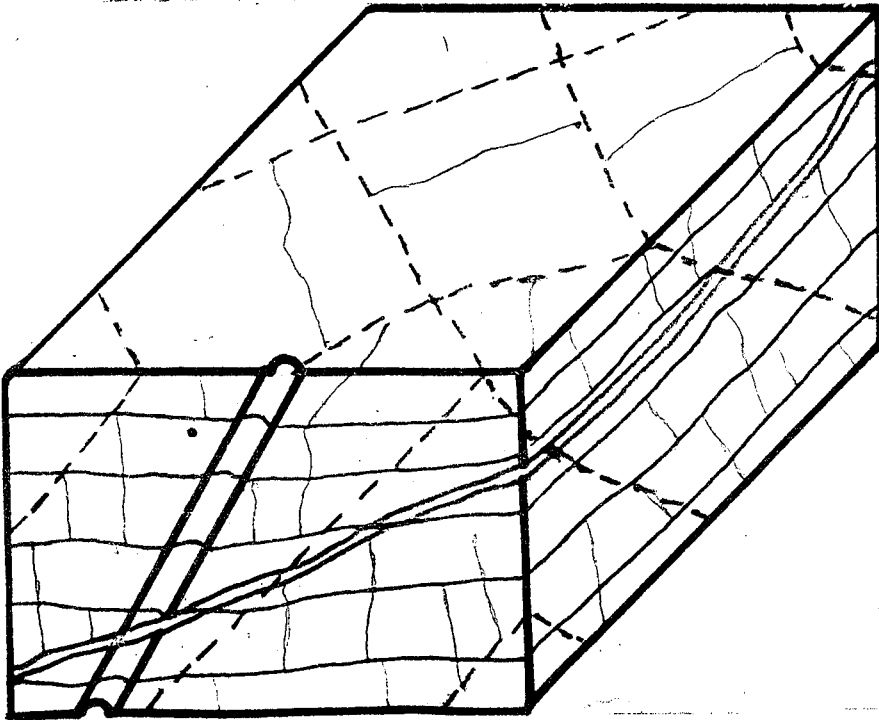
II. BÖLGE : İkinci bölge, kömürü basınçlı su enjeksiyonu yapılan kısımdan (I. Bölge sınırından) başlayarak, kömür üzerinde çekme gerilmelerinin oluştuğu sınıra kadar deva eden bölgedir (Şekil 11.4).



Şekil 11.1 : Basıncılı su enjeksiyonu ile ayak civarında oluşan bölgeler.



Şekil 11.2 : Birinci bölgede, basınçlı su enjeksiyonundan önce klivaj ve çatlakların durumu.



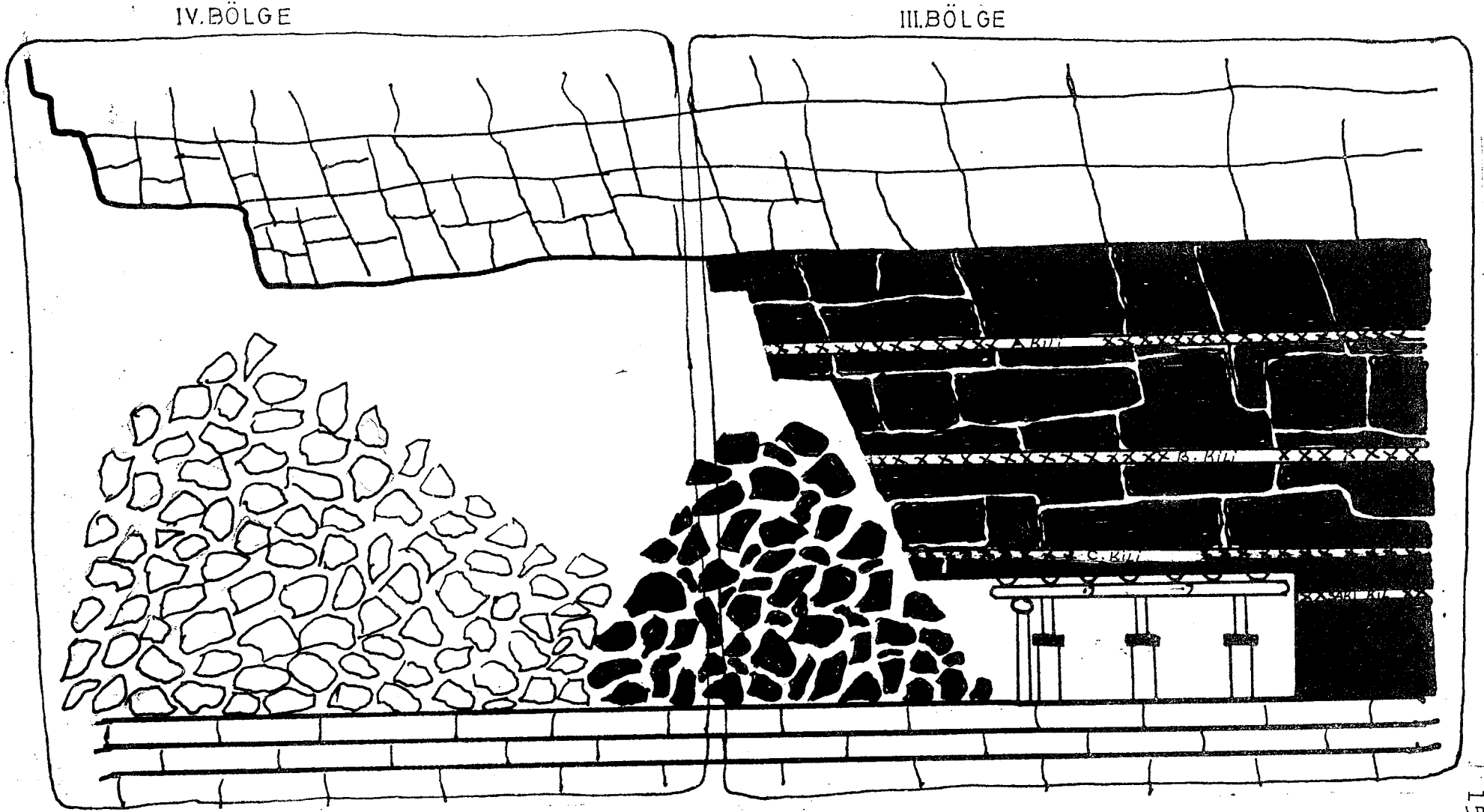
Şekil 11.3 : Birinci bölgede, basınçlı su enjeksiyonundan sonra, klivaj ve çatlakların durumu.

Bu bölgede, birinci bölgede basınçlı su enjeksiyonu ile gevşemiş ve yeni çatlak sistemleri oluşmuş olan kömür, daha da ezilerek parçalanacaktır. İkinci bölgede, ayak aynasının yaklaşık 5-10 metre önünde, normal derinlik basıncınının 2-3 katı büyüklükte bir derinlik basıncı oluşmaktadır. Birinci bölgede gevşetilmiş ve yeni kırık-çatlak sistemleri oluşmuş olan kömür, maksimum derinlik basıncınının da etkisiyle, ikinci bölgede daha da ezilip kırılacak ve parçalanacaktır. Kömür üzerinde esas kırılma ve parçalanma ikinci bölgede oluşacaktır. Özellikle ince tabaka yapılarında ve sık aralıklarla oluşan kırık-çatlaklarda, bu parçalanmanın etkisi daha fazla görülecektir. Bu şekilde kırılmış ve parçalanmış olan kömür, ayak arkasında çok daha kolay göçertilebilecektir.

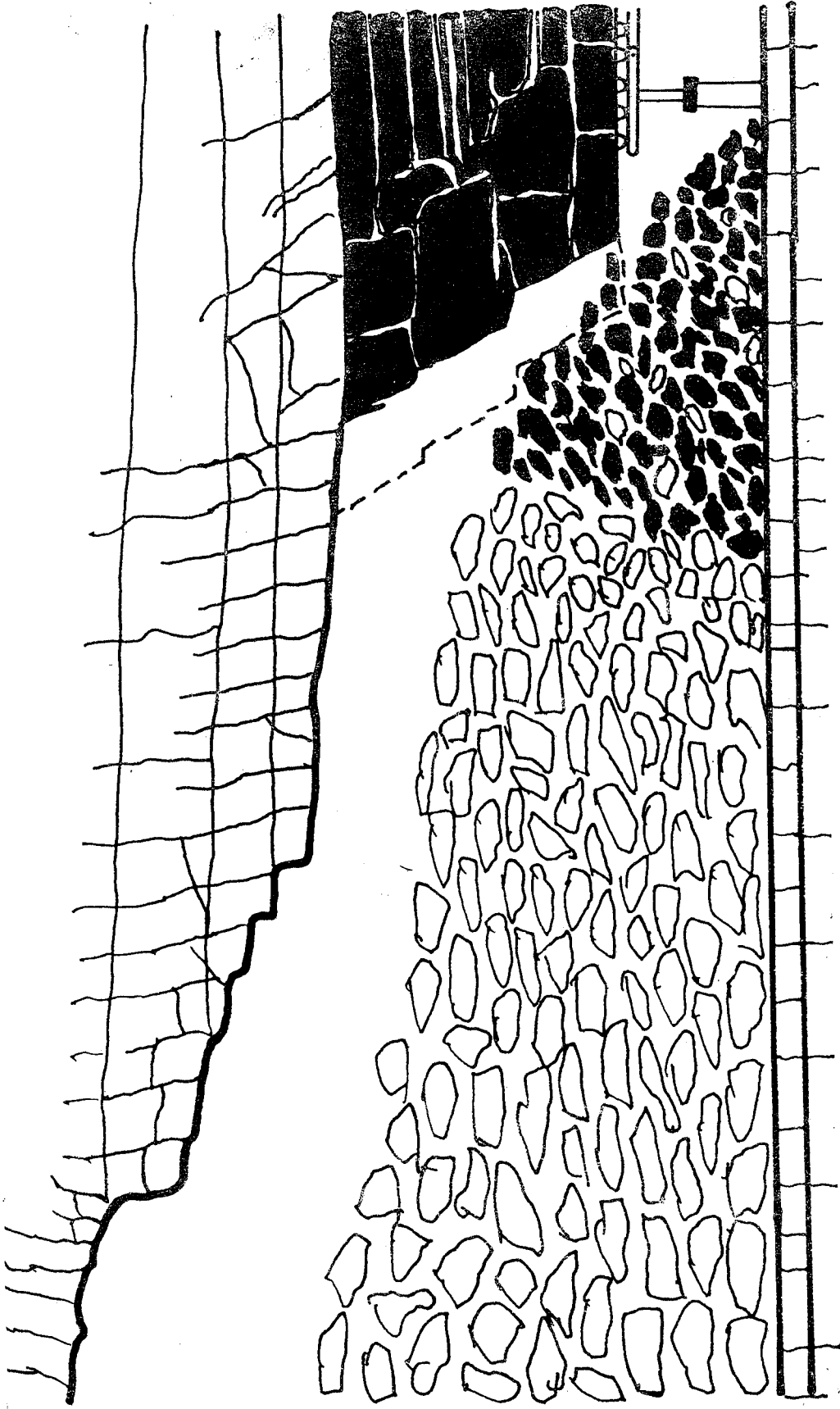
İkinci bölgede, tavan taşında da maksimum arazi basıncı etkisiyle az da olsa yeni kırık-çatlaklar oluşabilecektir. Taban taşında işe, yine maksimum arazi basıncınının etkisiyle az da olsa çatlama beklenmelidir. Fakat gerek tavan taşında ve gerekse taban taşında oluşması beklenen kırık-çatlakların, ayak arkası üretiminde, ayak içinde ve tadan yollarında herhangi bir sorun yaratması beklenmemektedir.

III. BÖLGE : Üçüncü bölge, kömürde eğilme ve çekme gerilmelerinin olduğu sınırdan başlayıp, ayak arkasında kömürün son göçme sınırına kadar devam eder (Şekil 11.5).

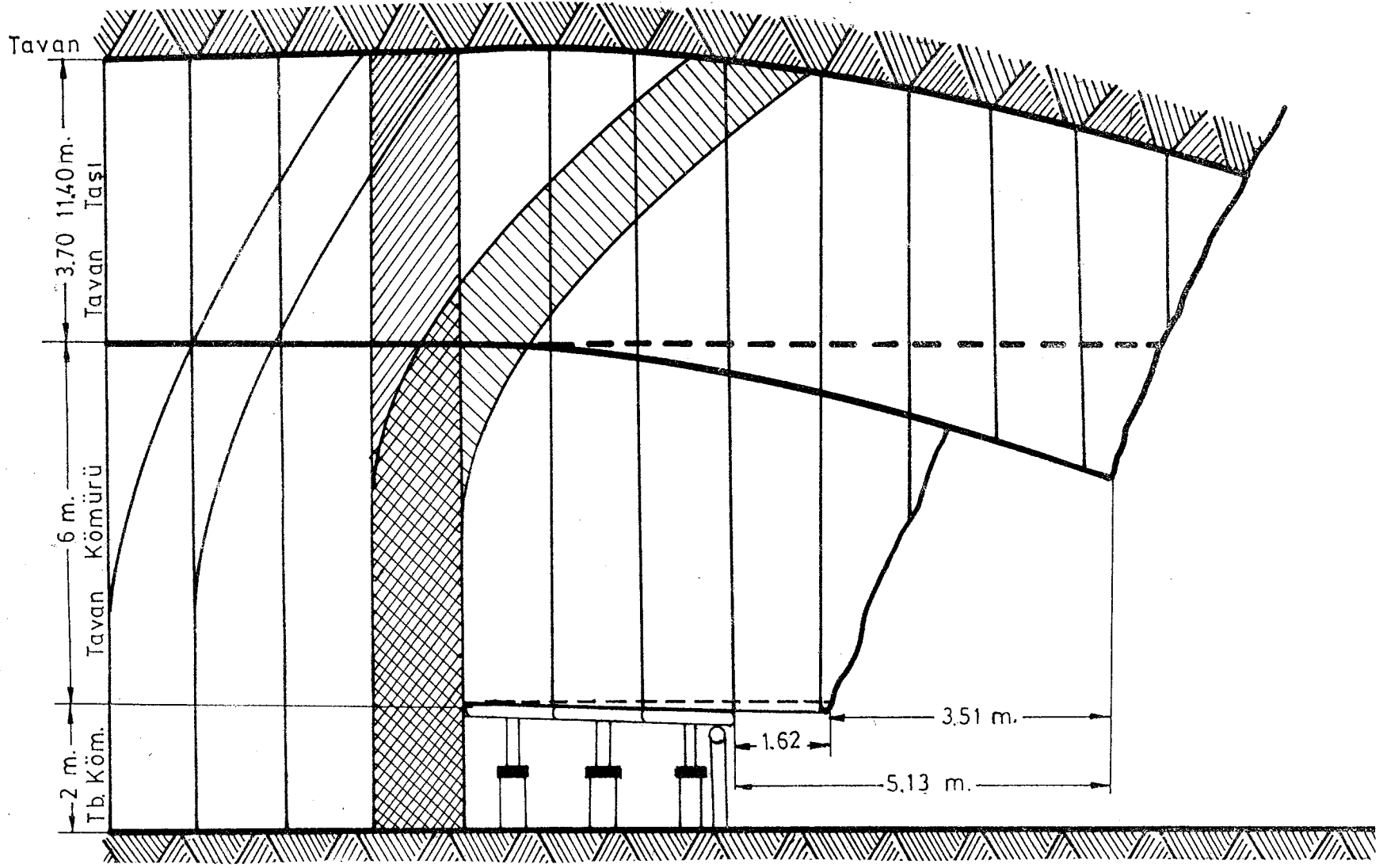
Ayak arkasında tavan kömürünün esas göçtüğü bölge burasıdır. Birinci ve ikinci bölgede, gerek uygulanan suyun basıncına bağlı olarak ve gerekse, maksimum arazi basıncı etkisiyle gevşemiş ve kırılıp parçalanmış olan kömür üzerinde gravite ve basınç gerilmeleri etkisiyle eğilme ve çekme gerilmeleri oluşmaktadır. Oluşan bu eğilme ve çekme gerilmelerinin etkisiyle, tavan kömürünün eğilme ve çekme dayanımları yenilmekte ve tavan kömürü ayak arkasında göçmeye başlamaktadır. Ayak arkasından kömür alındıkça, zamanla tavan kömürünün tamamına yakın bir kısmı göçecektir. Üçüncü bölgede tavan kömürünün tamamınının göçebilmesi ve ayak arka-



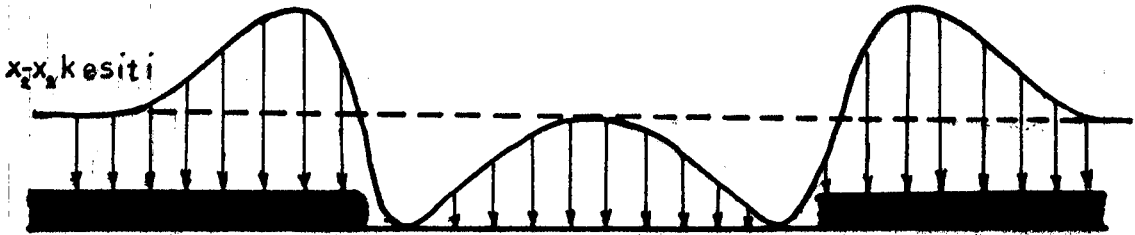
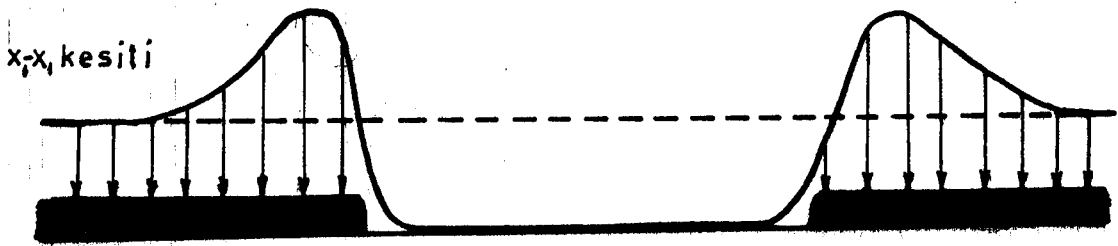
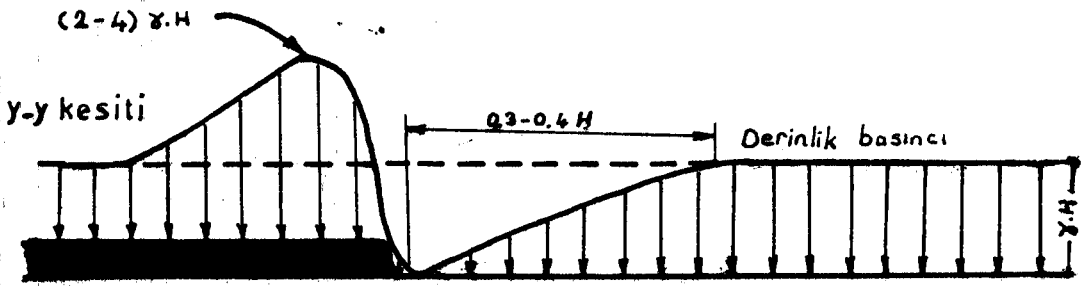
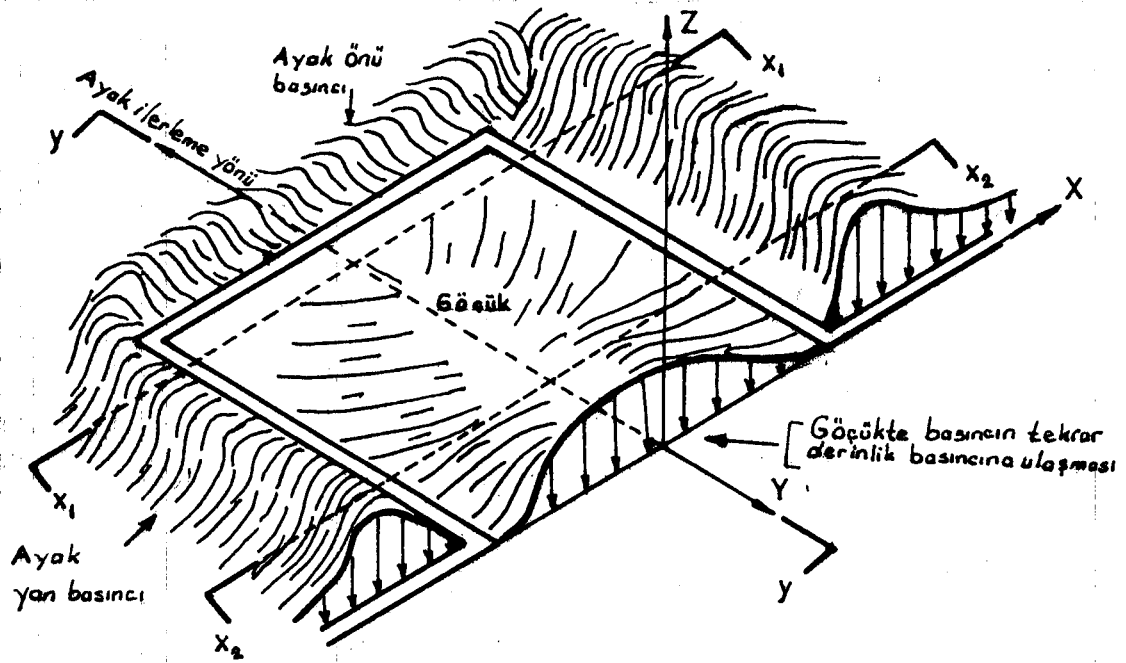
Şekil 11.5 : Üçüncü ve dördüncü bölgede gelişen olaylar.



Şekil 11.6 : Basınçlı su enjeksiyonundan sonra ayak arkasının durumu.



Şekil 11.7 : Basıncılı su enjeksiyonundan sonra, ayak civarında oluşan tabaka hareketleri.



Şekil 11.8 : Uzun Ayak civarındaki basınç dağılımı

sından üretilebilmesi, birinci ve ikinci bölgede kömürdeki gevşemeye, çatlamaya ve kırılıp parçalanmaya bağlıdır. Birinci ve ikinci bölgede kömür ne kadar iyi gevşetilebilir ise ve kömür üzerinde ne kadar sık aralıklarla kırık-çatlaklar oluşturulup kömür parçalanabilirse, üçüncü bölgede kömürün göçmesi de o kadar kolay, düzenli ve verimli olacaktır.

Üçüncü bölgede tavan taşında da çekme gerilmeleri oluşacaktır. Oluşan bu çekme gerilmelerinin etkisiyle, tavan taşında oluşan çatlak sistemleri açılacaktır. Fakat üçüncü bölgede tavan taşı (yalancı tavan) kendi kendini tutabilecektir. Bu bölgede, taban taşında ise herhangi bir etkinin oluşması beklenmemektedir. Bu bölgede taban taşı, ayak içinde tahkimat elemanlarını ve zincirli konveyörü taşımaktadır. Birinci ve ikinci bölgede taban taşının bir miktar yumuşaması ve çatlaması sonucu, özellikle ayak içinde tahkimat direklerinin bazı bölgelerde tabana batması söz konusu olabilir. Bu durumda, tahkimat direklerinin altına geniş yüzeyli plakalar konulması yoluna gidilmelidir.

IV. BÖLGE : Dördüncü bölge ayak arkasında tavan kömürünün son göçtüğü sınırdan başlar ve yalancı tavanın tamamı göçüp ayak arkasını doldurduğu sınıra kadar devam eder (Şekil 11.5). Bu bölgede, gerek yerçekimi ve gerekse arazi basıncc etkisiyle tavan taşı üzerinde oluşan çekme gerilmelerinin etkisiyle tavan taşının çekme dayanımı aşılmakta ve tavan taşı (Yalancı tavan) ayak arkasında göçerek ayak arkasını doldurmaktadır.

Basıncılı su enjeksiyonundan sonra, avak arkasının temsili durumu Şekil 11.6' da görülmektedir. Basıncılı su enjeksiyonundan sonra, ayak civarında gelişen tabaka hareketleri ise, Şekil 11.7' de görülmektedir.

12. SONUÇLAR

G.L.İ Tunçbilek Bölgesi 6 Nolu Yeraltı Ocağında Tavan Kömürünün Basınçlı Su Enjeksiyonu İle Gevşetilmesi'nin incelendiği bu çalışmada, elde edilen sonuçlar şu şekilde sıralanabilir.

- 1-) Tunçbilek Bölgesi Kimya Laboratuvarları tarafından, 1987 yılında yapılan yüzdürme-batırma deneyleri sonuçlarına göre çizilen eğrilerden, 1987 yılı aylık yüzen ve batan sonuçlarına göre, kömüre toplam taş karışma oranı, % 60,87 olarak bulunmuştur. % 60,87'lik toplam taş oranının % 39,57 si tavan taşından, % 21,31'i arakesmelerden gelmektedir.
- 2-) Tavan taşı, taban taşı tavan kömüründen alınan karot numunelerle yapılan tek eksenli basınç dayanım deneylerinden, tavan taşının tek eksenli basınç dayanımı ortalama $349,34 \text{ kg/cm}^2$, taban taşının basınç dayanımı ortalama $88,15 \text{ kg/cm}^2$, tavan kömürünün tek eksenli basınç dayanımı ortalama $100,21 \text{ kg/cm}^2$ olarak bulunmuştur.
- 3-) "G.L.İ Tunçbilek Bölgesi Malzeme Arastırma ve Kalite Kontrol Laboratuvarları"na, bölgede yapılan çeşitli sondajlardan alınan karot numunelerle yapılan, tek eksenli basınç dayanımı denevlerinden, tavan taşının tek eksenli basınç dayanımı ortalama $218,95 \text{ kg/cm}^2$, Eksenel Elastisite Modülü (E) 22574 kg/cm^2 , Poisson Oranı (ν) 0,430 olarak bulunmuştur. Taban taşının basınç dayanımı ortalama $192,86 \text{ kg/cm}^2$, Eksenel Elastisite Modülü (E) 20938 kg/cm^2 , Poisson Oranı (ν) 0,462 olarak bulunmuştur.
- 4-) Tavan taşı ve tavan kömüründen alınan karot numunelerle yapılan, Endirekt Çekme Dayanımı deneyleri sonucu, tavan taşının çekme dayanımı ortalama $55,34 \text{ kg/cm}^2$, tavan kömürünün çekme dayanımı ise, ortalama $21,37 \text{ kg/cm}^2$ olarak bulunmuştur.
- 5-) Model basınç kabında, tavan kömüründen alınan karot numunelerle yapılan üç eksenli basınç deneyleri sonuçlarına göre çizilen Mohr Diyagramından, kömürün iç sürtünme açısı

(ϕ) 42° , kömürün içsel kohezyonu (τ_0) $27,5 \text{ kg/cm}^2$, kırılma yüzeyi açısı (θ) 66° olarak bulunmuştur. Yapılan hesaplamalar sonucu, 150 metre derinlikte (Ortalama üretim derinliği) kömür üzerinde oluşacak normal gerilme (σ_n) $31,24 \text{ kg/cm}^2$, kesme gerilmesi (τ) $2,78 \text{ kg/cm}^2$ olarak bulunmuştur.

6-) Tavan kömüründen alınan karot numunelerle, basınç kabında basınçlı suyun kömürün dayanımı üzerindeki etkisini gözleyebilmek amacıyla yapılan deneyler sonucu, kömürün basınç kabında 30 kg/cm^2 yanıl su basıncı altında bulunan üç eksenli basınç dayanımı ortalama $363,13 \text{ kg/cm}^2$ olarak bulunmuştur. Yine basınç kabında, kömür numuneleri üzerine önce 100 kg/cm^2 lik su basıncı uygulanmış, ve daha sonra bu numunelerle 30 kg/cm^2 yanıl su basıncı altında yapılan üç eksenli deneyler sonucu, kömürün üç eksenli basınç dayanımı ortalama $292,30 \text{ kg/cm}^2$ olarak bulunmuştur.

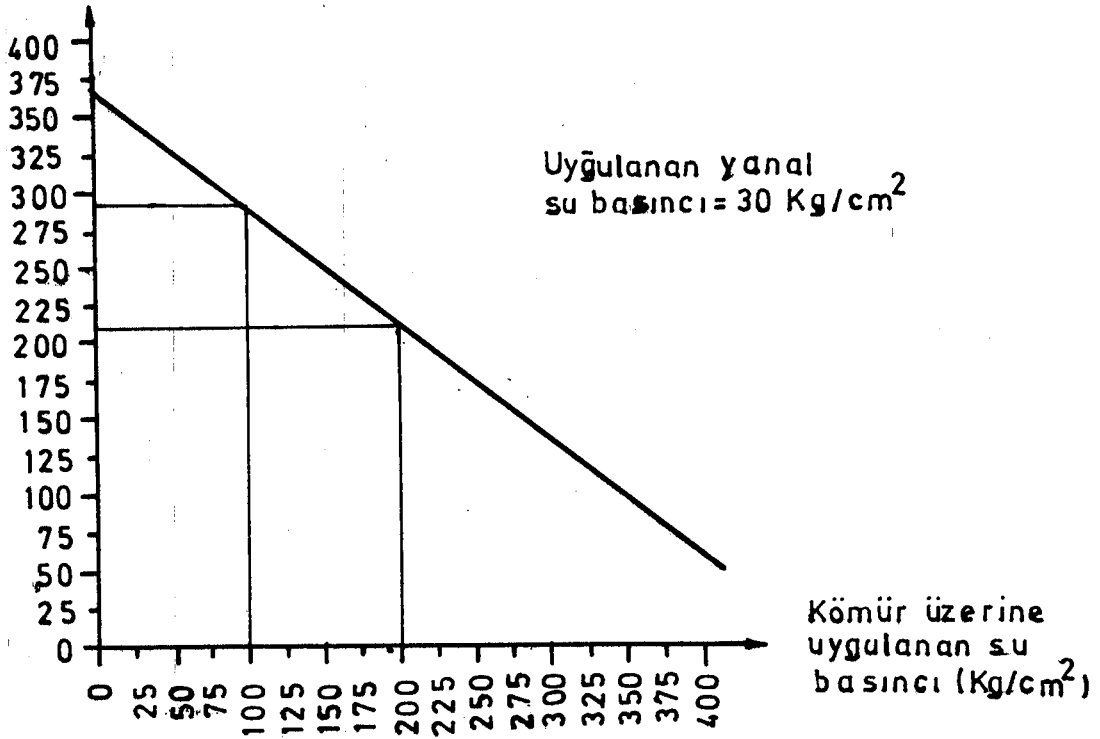
Yine basınç kabında kömür numuneleri üzerine 200 kg/cm^2 su basıncı uygulanmış ve 30 kg/cm^2 yanıl su basıncında bulunan üç eksenli basınç dayanımı ortalama $207,30 \text{ kg/cm}^2$ olarak bulunmuştur.

7-) Basınç kabında kömürden alınan karot numuneler üzerine 200 kg/cm^2 su basıncı uygulanmış, ve daha sonra bu numunelerle tek eksenli basınç dayanımı deneyleri yapılmıştır. Yapılan deneyler sonucu, kömüre basınç kabında 200 kg/cm^2 su basıncı uygulandıktan sonra, kömürün tek eksenli basınç dayanımı ortalama $49,54 \text{ kg/cm}^2$ olarak bulunmuştur.

Şekil 12.1 ve 12.2 deki grafiklerden görüleceği üzere, kömüre enjekte edilen basınçlı suyun, kömürün mekanik dayanımı (Tek ve üç eksenli basınç dayanımı) üzerindeki etkisi lineer bir doğru olarak kendini göstermektedir. Kömüre enjekte edilen suyun basıncı arttıkça, kömürün mekanik dayanımı da doğrusal bir şekilde azalmaktadır.

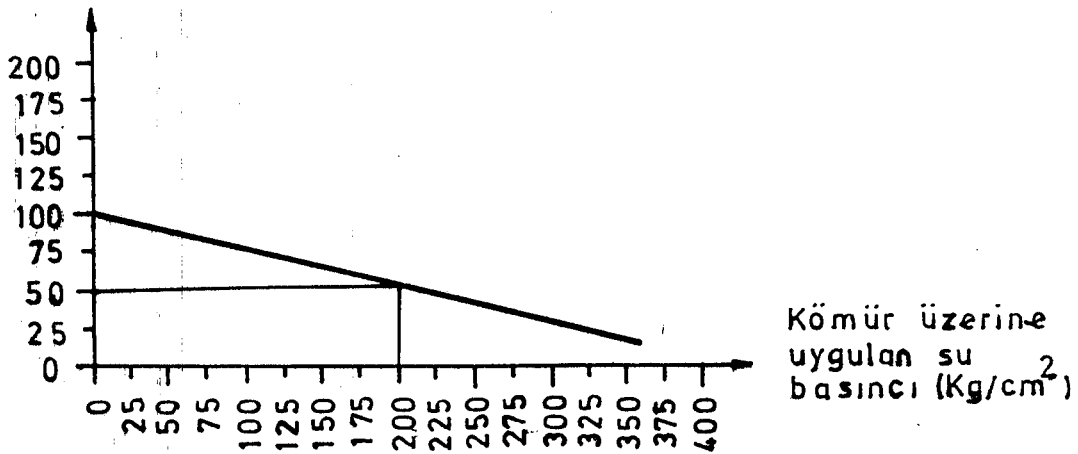
8-) Ayaklarda oluşacak yalancı tavan kalınlığı, üretim durumuna göre $3,66-11,42$ metre arasında değişmektedir. Ayaklarda oluşacak tavan basıncı ise, $3,40-22,67 \text{ ton/m}^2$ ara-

Kömürün üç eksenli basınç dayanımı (Kg/cm^2)



Şekil 12.1 : Basıncılı suyun kömürün üç eksenli basınç dayanımı üzerindeki etkisi

Kömürün tek eksenli basınç dayanımı (Kg/cm^2)



Şekil 12.2 : Basıncılı suyun kömürün tek eksenli basınç dayanımı üzerindeki etkisi

sında olacaktır. Bu tavan basıncı, mevcut tahkimat sistemi ile karşılanabilecektir.

9-) Yapılan teorik hesaplamalardan (Bölüm 9), yalancı tavanın ayak arkası kırılma mesafesi (L), tavan taşında maksimum 5,13 metre, bakir kömürde maksimum 3,30 metre, kömüre 200 kg/cm^2 su basıncı uygulandıktan sonra gevşetilmiş kömürde ise 1,62 metre olarak bulunmuştur. Bu durumda ayak arkası kırılma mesafeleri farkı, bakir kömür ile tavan taşı arasında 1,82 metre, basınç kabında kömüre 200 kg/cm^2 su basıncı uygulandıktan sonra, gevşetilmiş kömür ile tavan taşı arasında ise, 3,51 metre olmaktadır.

10-) Kömüre 200 kg/cm^2 su basıncı uygulandıktan sonra, kömürün üç eksenli basınç dayanımındaki düşme %42,9, kömürün tek eksenli basınç dayanımındaki düşme ise, % 50,9 oranında azalmaktadır.

10-) Basıncılı su enjeksiyonu sisteminin, Tunçbilek İdame Ocağı şartlarına uygulanmasıyla, uygun ayak ilerleme hızında, kömüre karışan tavan taşı oranı büyük oranda azaltılabilecektir. Ayak arkasından kömür, çok daha randımanlı bir şekilde göçertilip üretilenilecektir. Tavan kömüründe %40-50 lere varan kömür kavıpları, çok daha aşağılara çekilebilecektir.

12-) Kömüre karışan tavan taşı miktarının azalması sonucu, nakliyat masraflarında düşme olacaktır.

13-) Üretilen temiz kömür başına, lavuara giden tüvönan kömür miktarında büyük düşüş olacağından, temiz kömür başına lavuar kapasitesi artacak ve cevher hazırlama masrafları büyük oranda düşecektir.

14-) Patlayıcı madde ile gevşetmeye nazaran, uzun vadede hem daha ekonomik, hem de tavan kontrolü ve ocak gazları açısından daha emniyetlidir.

15-) Basıncılı su enjeksiyonu sistemi için gereken yatırım-

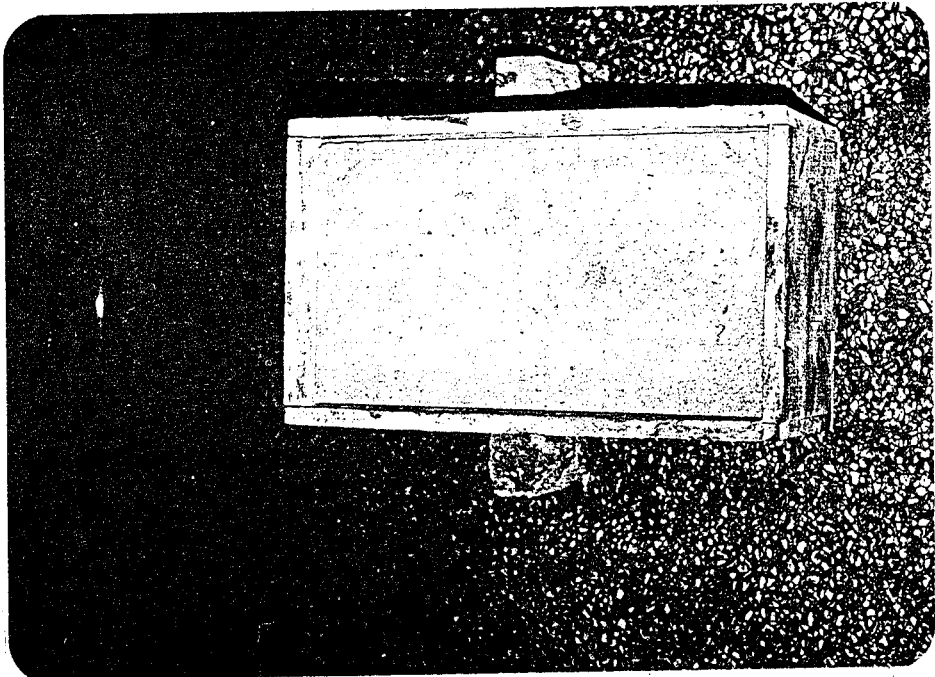
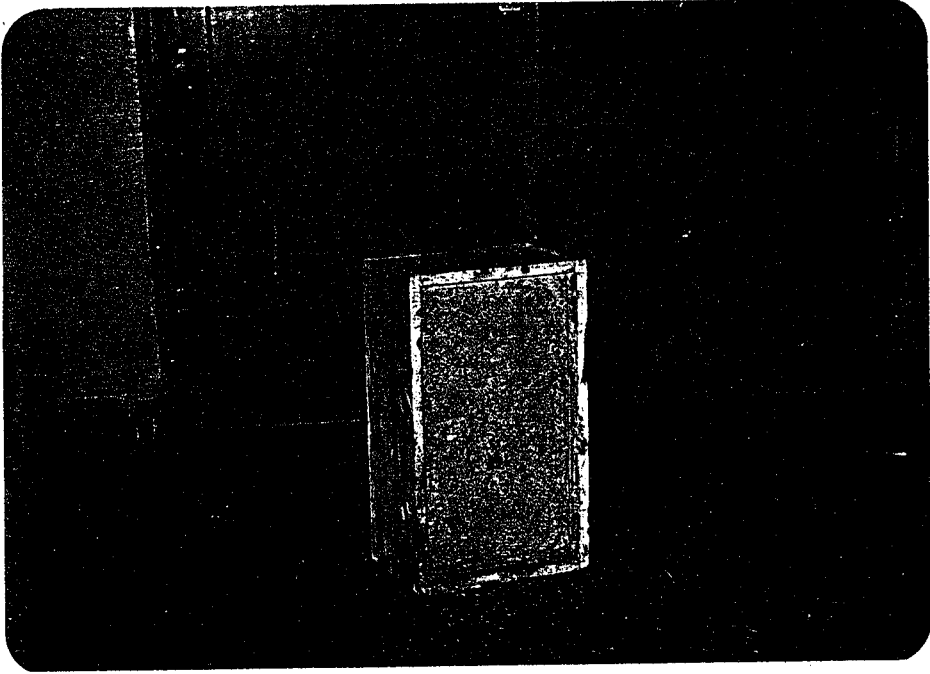
lar, büyük ölçüde işletmenin kendi atölye imkanlarıyla karşılanabilecektir. Yapılacak pilot çaplı bir çalışma için, bir yeraltı sondaj makinası, bir basınç pompası ile bir packer sistemi yeterli olacaktır.

16-) Sistemin ekonomikliğinin sisteme karşı önerilebilecek diğer sistemlere (Tavan-taban ayak, dilimli ayak gibi) göre çok daha fazla olduğu ortadadır.

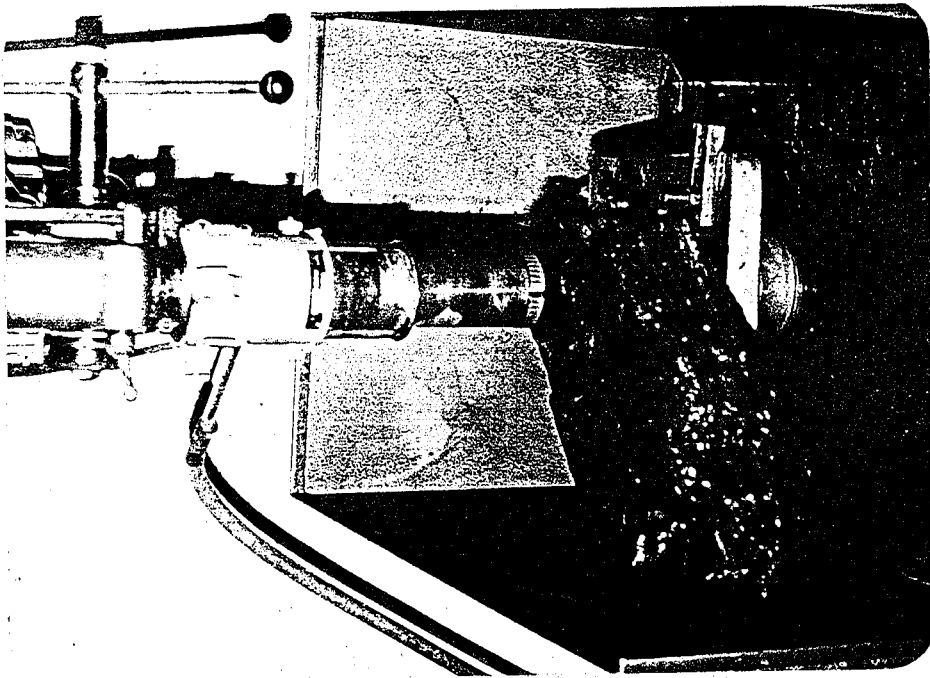
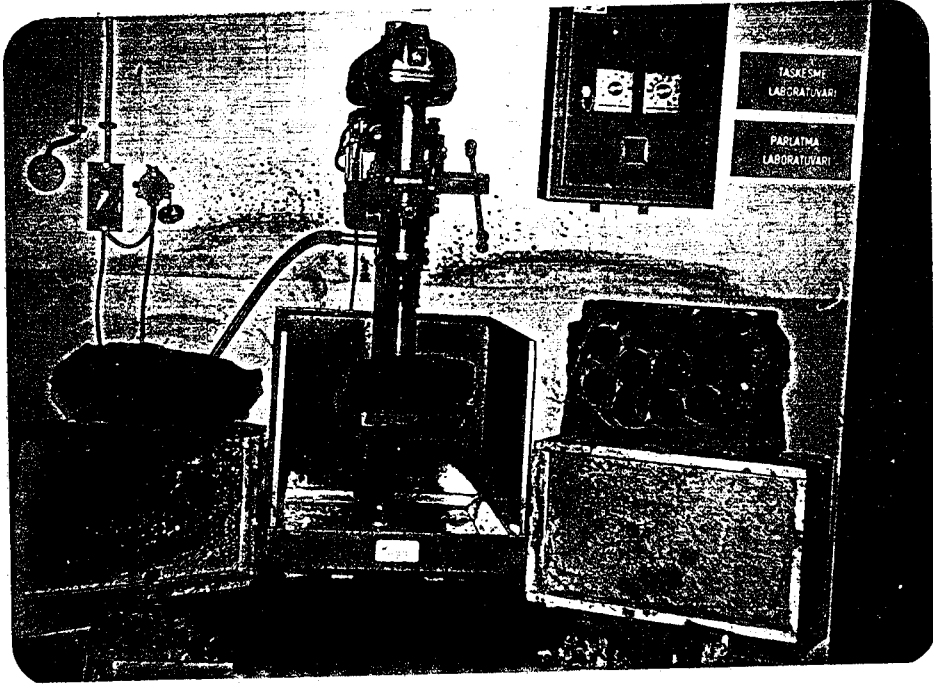
KAYNAKLAR DİZİNİ

- AKÇIN, N.A., 1987, "Yüksek Basıncılı Su Enjeksiyonu ile Kesme ve Parçalama Çalışmaları", Madencilik, TMMOB Maden Mühendisleri Odası, Yayın Organı, Ankara, Cilt 26, Sayı 2, s.27-37.
- AKDAŞ, H., 1984 , "GLİ Tunçbilek Bölgesi Yeraltı Sun'i Tavanlı Üretim Sistemi Etüdü", İ.T.Ü. Maden Fak. Y. Lisans Tezi.
- BIENIAWSKI, Z.T., 1974, "Geomechanics Classification of Rock Masses and Application in Tunneling", 3, International Congress on Rock Mechanics, ISRM, Denver, Vol. 11A, s. 27-32.
- BİRÖN, C., ARIOĞLU, E., 1985, "Madenlerde Tahkimat İşleri ve Tasarımı", Birsen Kitabevi, İstanbul.
- HOEK, E., BROWN, E.T., 1980, "Underground Excavations in Rock", The Institution of Mining and Metallurgy, London, s. 20.
- ÖNCE, G., "Anadolu Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümü Kaya Mekaniği Ders Notları", 1985
- ÖZBAYOĞLU, Y., "Elmaslı Sondaj Tekniği El Kitabı", Ankara, 1983.
- ÖZTÜRK, K., 1986, "Ayak Arkası Randımanını Artırabilmek İçin Tavan Kömürünün Kırılabilirliğinin Basıncılı Su ile Arttırılmasının Etüdü", Diploma Çalışması, Anadolu Üni. Maden Müh. Bölümü.
- STOCES, B., JUNG, H., (Çeviri: Prof.Dr. S. SALTOĞLU, 1970), "Maden İşletmelerinde Toz ve Silikozla Mücadele", İ.T.Ü. Yayını, 1970.
- "Sondaj ve Enjeksiyon Teknik Şartnamesi", DSİ. , Ankara, 1987
- "Kömür Yüzdürme-Batırma Eğrileri ve Tabloları", GLİ Tunçbilek Kimya Laboratuvarı, 1985-1986-1987.

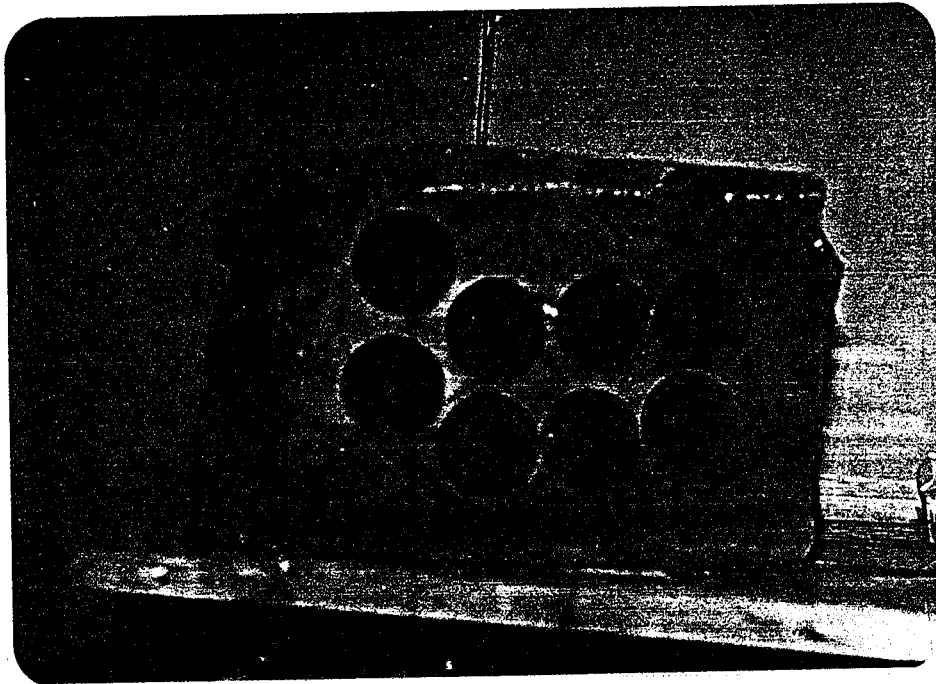
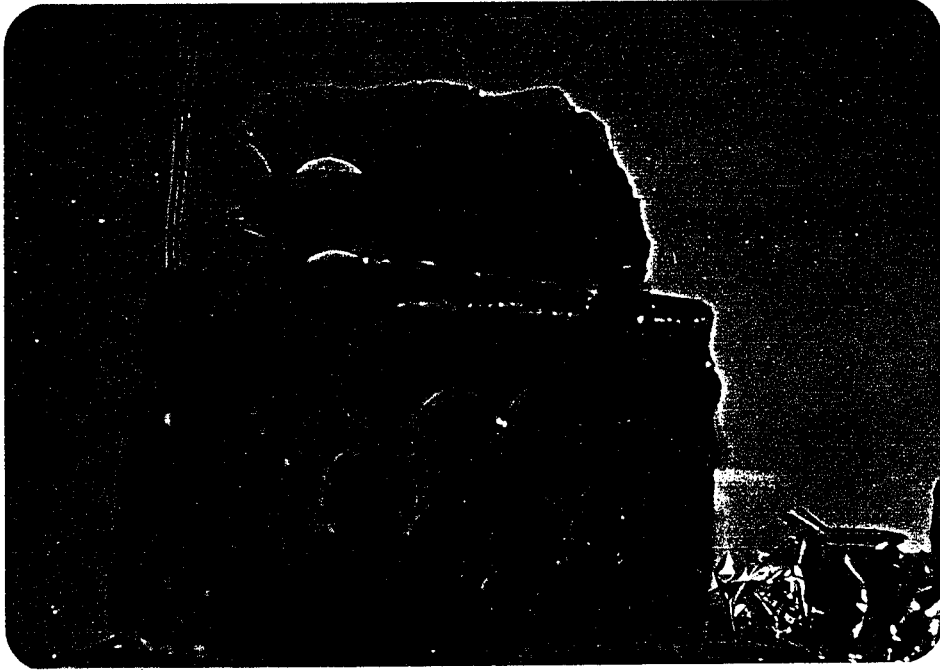
EK-1 : Kömür Numunelerinin Sandıklarda Betonlanarak Saklanması.



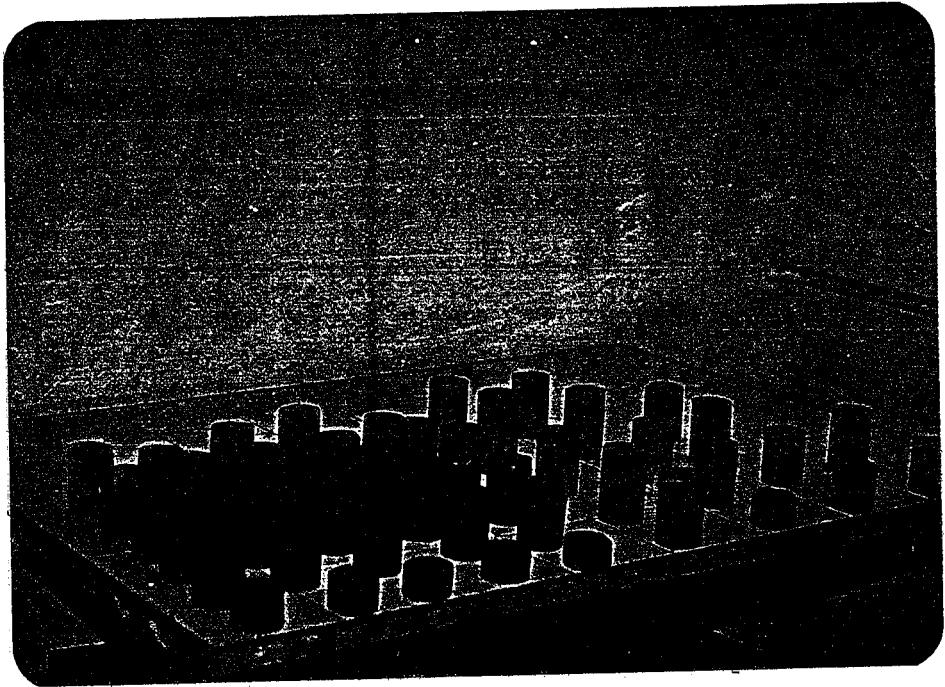
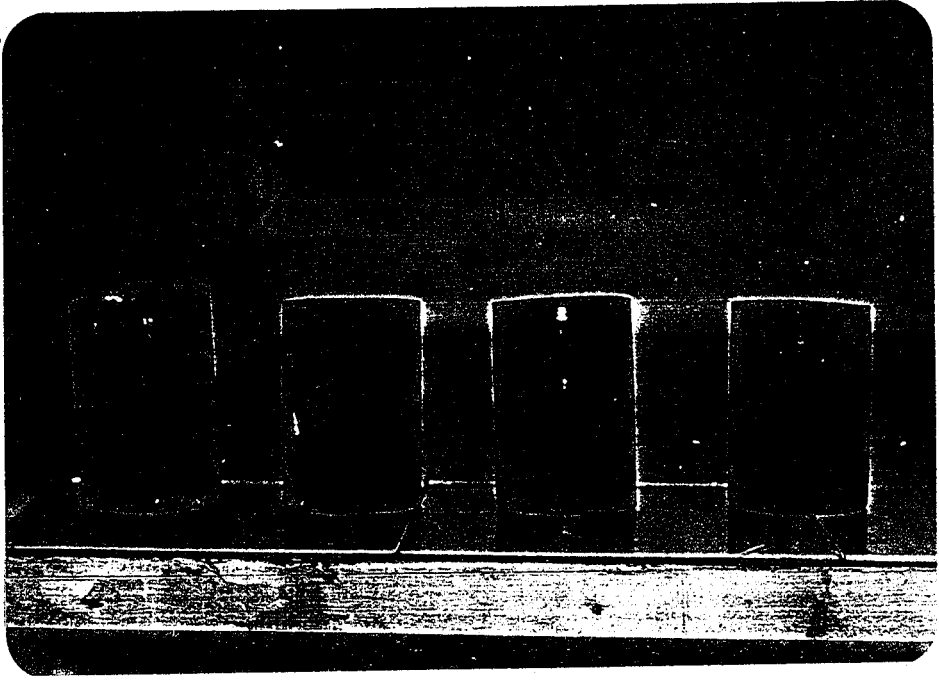
EK-2 : Karot Numunelerin Alınması



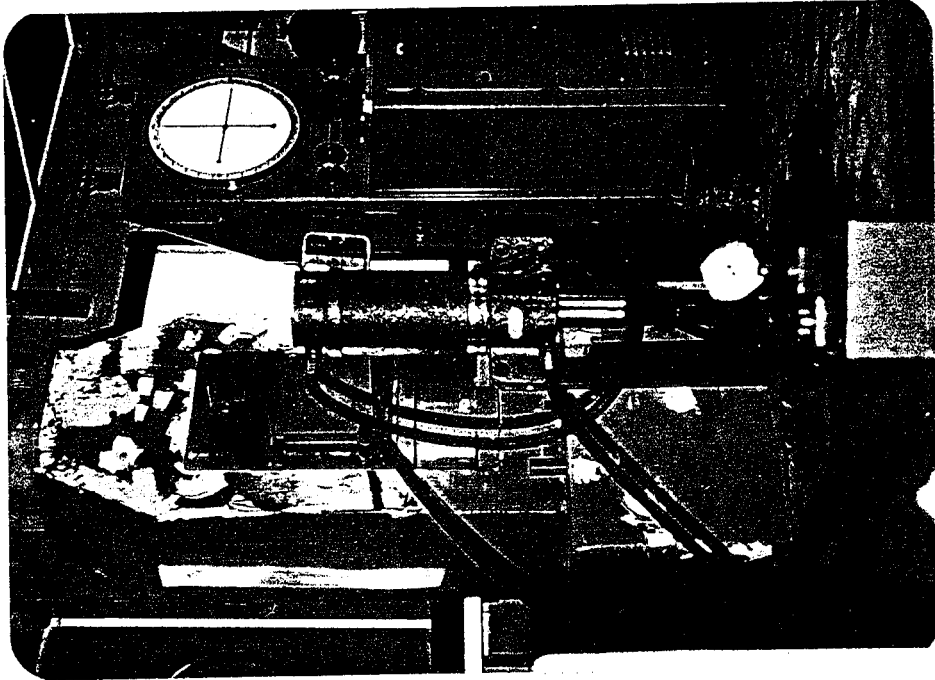
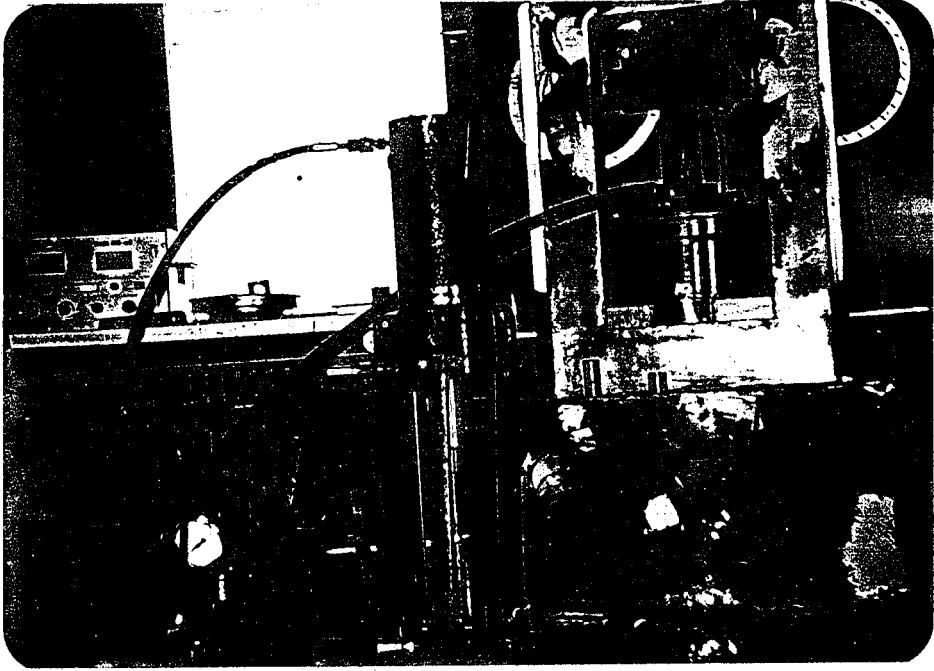
EK-3 : Çimento Kaplı (Beton Kaplı) Numunelerin Karotlar Alındıktan Sonraki Durumları.



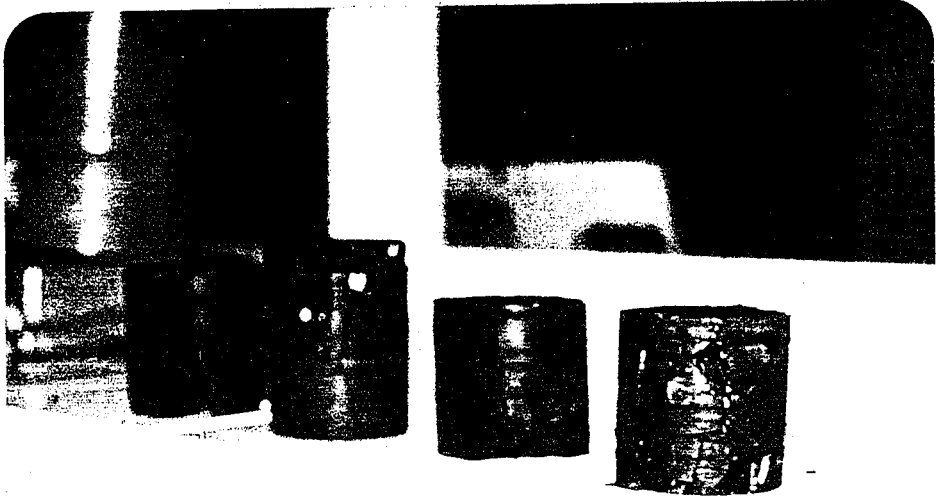
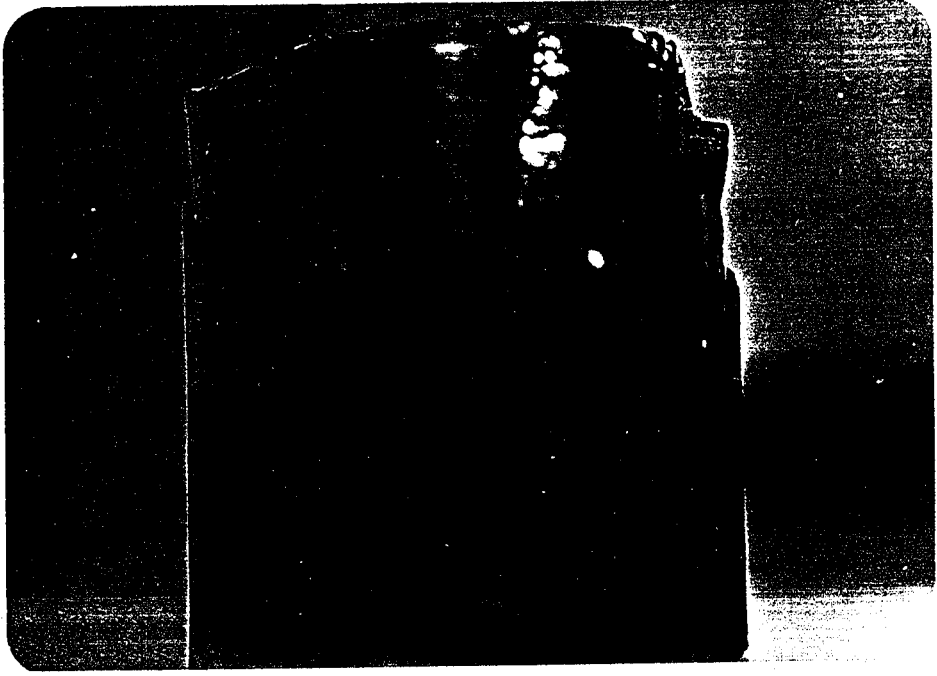
EK-4 : Alinan Karot Numuneler



EK-5 : Basınç Kabında Deneylerin Yapılması



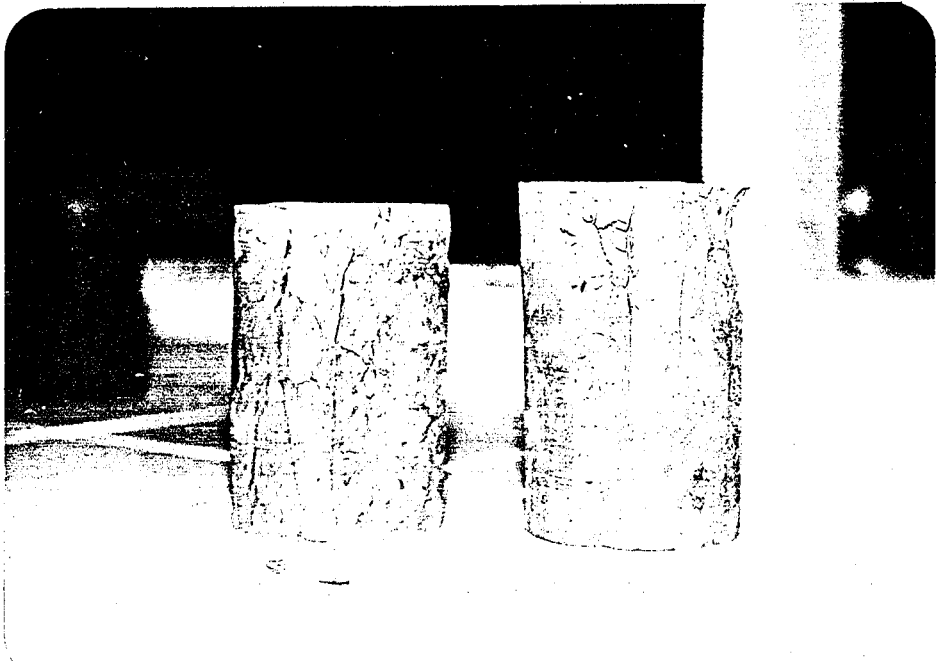
EK-6 : Basınç Kabında Yapılan Deneylerden Sonra, Kömür Numunelerinin Durumu

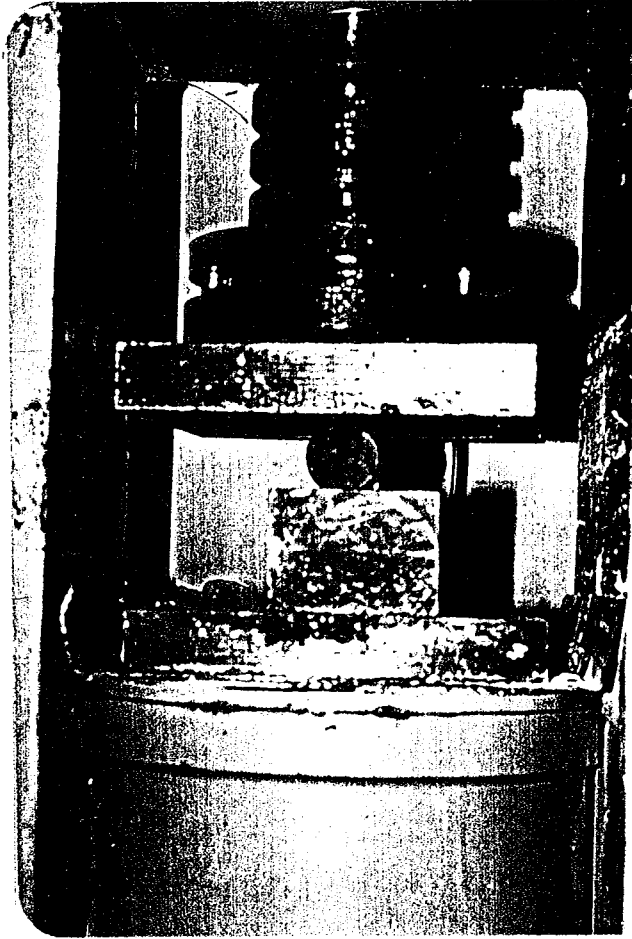


EK-7 : Tavan Taşından Alınan Karot Numunelerin, Tek Eksenli Basınç Dayanımı Deneylerinden Sonraki Durumları



EK-8 : Taban Taşından Alınan Karot Numunelerin, Tek Eksenli Basınç Dayanımı Deneylerinden Sonraki Durumları





EK-9 : Tavan Kömürünün Endirekt Çekme
Dayanımı Deneyi



EK-10 : Tavan Taşının Endirekt Çekme
Dayanımı Deneyi